PUBLICATION SPÉCIALE CANADIENNE DES SCIENCES HALIEUTIQUES ET AQUATIQUES 60

(Traduction française de la publication spéciale de D. E. Chilton et R. J. Beamish intitulée « *Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station* » publiée en 1982)

Méthodes de détermination de l'âge des poissons étudiés dans le cadre du Programme sur le poisson de fond de la Station de biologie du Pacifique

DORIS E. CHILTON
RICHARD J. BEAMISH

Ministère des Pêches et des Océans
Direction des services relatifs aux ressources
Station de biologie du Pacifique
Nanaimo (C.-B.)
V9R 5K6

MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS
Ottawa 1983

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983

En vente dans les librairies autorisées, les autres librairies, ou encore par commande payable à l'avance, au Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa (Ont.) K1A 0S9. Les chèques ou mandats-poste, payables en monnaie canadienne, doivent être faits à l'ordre du Receveur général du Canada.

Un exemplaire de cette publication a été déposé, pour référence, dans les bibliothèques publiques au Canada.

Canada : 7 $
Autres pays : 8,40 $

N° de catalogue Fs 41-31/60F
ISBN 0-660-91129-9
ISSN 0706-649X

Prix sujet à changement sans avis préalable

(English edition available)

Imprimé au Canada
par

Sentinel Printing Ltd.
Yarmouth (N.-É.)

Publié par

Gouvernement du Canada
Pêches et Océans

Direction de l'information
et des publications scientifiques

Published by

Government of Canada
Fisheries and Oceans

Scientific Information
and Publications Branch

Ottawa K1A 0E6

On devra référer comme suit à cette publication :

Chilton, D.E. et R.J. Beamish, 1983. Méthodes de détermination de l'âge des poissons étudiés dans le cadre du Programme sur le poisson de fond de la Station de biologie du Pacifique, *Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat.* 60 : 102 p.

Table des matières

RÉSUMÉ / ABSTRACT v

INTRODUCTION 1

PROCÉDURES GÉNÉRALES 1

VALIDATION 1

STRUCTURES 2

- Écailles 2
- Otolithes 3
- Coupes de rayons de nageoire 7
- Autres structures 9
- Analyse des fréquences de longueur 10

INTERPRÉTATION 10

PRÉCISION ET EXACTITUDE 11

ÉQUIPEMENT 13

MÉTHODES DE DÉTERMINATION DE L'ÂGE SELON L'ESPÈCE 19

- Anoplopomatidae 19
  - Morue charbonnière (*Anoplopoma fimbria* (Pallas)) 19
- Gadidae 22
  - Morue du Pacifique (morue grise) (*Gadus macrocephalus* (Tilesius)) . 22
  - Merlu du Pacifique (*Merluccius productus* (Ayres)) 23
  - Morue du Pacifique occidental (*Theragra chalcogramma* (Pallas)) ... 23
- Hexagrammidae 38
  - Morue-lingue (*Ophiodon elongatus* (Girard)) 38

Pleuronectidae (poissons plats) 38
Plie à grande bouche (*Atheresthes stomias* (Jordan et Gilbert)) 39
Flétan du Pacifique (*Hippoglossus stenolepis* (Schmidt)) 42
Sole du Pacifique (*Lepidopsetta bilineata* (Ayres)) 47
Sole (*Microstomus pacificus* (Lockington)) 49
Sole anglaise (*Parophrys vetulus* (Girard)) 52
Scombridae 53
Germon (*Thunnus alalunga* (Bonnaterre)) 53
Scorpaenidae (scorpènes) 56
Sébaste à longue mâchoire (*Sebastes alutus* (Gilbert)) 57
Sébaste argenté (*S. brevispinnis* (Bean)) 57
Sébaste à queue jaune (*S. flavidus* (Ayres)) 77
Sébaste canari (*S. pinniger* (Gill)) 77
Sébaste à bouche jaune (*S. reedi* (Westrheim et Tsuyuki)) 77
Squalidae 94
Aiguillat commun (*Squalus acanthias* (Linnaeus)) 94
SOMMAIRE 97
REMERCIEMENTS 98
RÉFÉRENCES 99
GLOSSAIRE 101

Résumé

CHILTON, D.E. ET R.J. BEAMISH, 1983. Méthodes de détermination de l'âge des poissons étudiés dans le cadre du Programme sur le poisson de fond de la Station de biologie du Pacifique, *Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat.* 60 : 102 p.

Le présent manuel contient une description des méthodes et des appareils utilisés dans la détermination de l'âge des espèces de poissons de fond étudiées à la Station de biologie du Pacifique. On y décrit et illustre les méthodes d'identification courante des annuli sur les écailles, otolithes, coupes d'otolithes, de rayons de nageoire et d'épines. Ces méthodes, bien qu'appliquées à des espèces du large de la côte ouest du Canada, pourraient également l'être à d'autres poissons marins et dulçaquicoles habitant des environnements identiques. Ce manuel devra probablement être révisé plusieurs fois car certaines méthodes sont expérimentales et plusieurs n'ont pas encore été validées.

Abstract

CHILTON, D.E. ET R.J. BEAMISH, 1983. Méthodes de détermination de l'âge des poissons étudiés dans le cadre du Programme sur le poisson de fond de la Station de biologie du Pacifique, *Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat.* 60 : 102 p.

This manual describes methods and equipment used to estimate the ages of groundfish species studied by the Pacific Biological Station. Procedures for routine identification of annuli on scales, otoliths, otolith sections, fin-ray sections, and spines are described and illustrated. Although the techniques are applied to species found off Canada's west coast, they should be applicable to other marine and freshwater fishes from temperate and arctic waters. Because some of the procedures are experimental and many have not been validated, it is expected that this manual will be revised several times.

Introduction

La détermination de l'âge exact d'un poisson est essentielle à la compréhension globale de la dynamique des populations. Pour identifier les constantes annuelles, il est nécessaire de comprendre les relations qui existent entre ces dernières et les cycles de croissance annuelle des poissons. Le présent manuel vise la description des méthodes utilisées pour déterminer et interpréter les constantes de croissance présentes sur diverses structures.

Le manuel servira à toute personne ou à tout laboratoire intéressés à la détermination de l'âge des poissons et les usagers sont encouragés à faire parvenir leurs commentaires aux auteurs. Quelques-unes des méthodes sont expérimentales et n'ont pas été validées pour toutes les classes d'âge d'un stock donné. Nous prévoyons donc une révision des méthodes et une mise à jour des procédures avant la publication finale. Nous encourageons le lecteur à consulter les principaux ouvrages énumérés pour chaque espèce car nous n'avons pas répété les données à partir desquelles nos méthodes ont été élaborées.

La définition des termes utilisés dans le texte se trouve dans le Glossaire.

Procédures générales

(Beamish 1973, 1979a, b, 1981; Beamish *et al.* 1976; Beamish et Chilton 1977, 1982; Beamish et Harvey 1969; Bilton et Jenkinson 1969; Blacker 1974; Chilton 1970; Christensen 1964; Chugunova 1959; Power 1978; Williams et Bedford 1974)

Il faut déterminer l'âge des poissons de chaque stock ou population comme si c'était la première fois. Dans notre laboratoire, plusieurs structures sont étudiées et, si les âges déterminés sont semblables, nous utilisons la structure la plus facile à obtenir ou à étudier pour la détermination de l'âge. En ce moment, nous utilisons les écailles, les surfaces et les coupes d'otolithe, les otolithes cassées et brûlées et les coupes de rayons de nageoire. Il est possible d'utiliser les fréquences de longueur pour les jeunes poissons appartenant à des espèces à croissance rapide. Plusieurs méthodes sont souvent nécessaires pour déterminer l'âge de tous les poissons d'un stock particulier et il est donc à conseiller de pouvoir toutes les comprendre, les appliquer et en interpréter les résultats.

Quand on commence à déterminer l'âge des poissons d'une nouvelle espèce ou d'un nouveau stock, il est important d'examiner les structures provenant de poissons juvéniles afin de trouver la position du premier annulus. Cet élément dont l'aspect peut varier d'un stock à l'autre, peut-être par suite de l'exploitation, représente souvent le plus important problème d'interprétation.

Validation

Le fait que les halieutistes ne confirment pas leurs procédures de détermination de l'âge constitue une de leurs plus graves erreurs (Beamish et McFarlane, résultats inédits). *Toutes* les techniques doivent être validées pour toutes les classes d'âge d'une population, chaque fois qu'elles sont appliquées à une autre espèce. Dans certains cas, la technique doit être confirmée chaque fois qu'elle est appliquée à un nouveau stock ou à une autre population. Même si une technique a été validée pour une espèce donnée, il n'y a pas de raison de croire qu'elle peut être appliquée à un autre stock, à une autre espèce ou à une nouvelle population et il est inexact de croire qu'une technique valide pour de jeunes poissons peut servir pour des poissons plus âgés.

Depuis toujours, les méthodes de détermination de l'âge sont confirmées par le marquage et la recapture de spécimens, l'identification des classes d'âge importantes, l'analyse des fréquences de longueur et l'examen du bord d'une structure donnée pendant un an afin de démontrer qu'un seul annulus se forme. Dans le cadre de notre travail de validation, nous injectons les poissons étiquetés en mer d'oxytétracycline (OTC) avant leur mise en liberté. La dose et la méthode la plus appropriée pour l'application de l'OTC font actuellement l'objet d'une étude. Au moment de la capture, les otolithes et autres structures sont enlevées et conservées de la même manière que les structures de poissons non injectés, sauf qu'elles sont gardées dans l'obscurité. Pour l'instant, les seules techniques qui nous aident à examiner la bande fluorescente jaune présente sur les structures sont la lampe à rayons ultra-violets et le microscope de recherche. La structure marquée ne doit pas être exposée aux rayons ultra-violets ni à la lumière pendant une longue période parce que la marque d'OTC perdra sa fluorescence. (Il est recommandé de porter des lunettes protectrices pendant l'examen des structures à l'aide d'une lampe à rayons ultra-violets.)

Si un certain nombre de groupes d'âge au-delà de la maturité sont présents dans une population, il

est probable que seule la méthode de marquage et de recapture puisse valider les annuli pour toutes les classes d'âge parce que souvent le régime de croissance de la structure utilisée change radicalement après la maturité. En l'absence d'une étude de marquage et de recapture, il est recommandé d'examiner diverses structures et, si les résultats obtenus divergent beaucoup, de considérer les âges comme des approximations jusqu'à ce qu'une méthode de validation puisse être élaborée. Les âges avancés peuvent être confirmés à l'aide d'une étude du contenu des concentrations naturelles de radionucléides dans les structures utilisées pour la détermination de l'âge. Si l'on ne réussit pas à évaluer l'exactitude de la méthode de détermination de l'âge, il en résultera probablement un gaspillage des ressources et une mauvaise gestion de la pêche.

Structures

(Beamish 1979a, b, 1981; Beamish et Chilton 1977, 1982; Bilton et Jenkinson 1969; Blacker 1974; Boiko 1951; Deelder et Willemse 1973; Gulland 1958; Kennedy 1970; Mills et Beamish 1980)

Les écailles, otolithes et rayons de nageoire utilisés dans notre laboratoire proviennent de poissons capturés au cours de la pêche commerciale ou d'expéditions scientifiques. Dans la plupart des cas, les structures doivent être préparées à l'aide de méthodes traditionnelles ou spécialisées avant qu'un lecteur puisse y lire l'âge de l'individu.

Lorsqu'on choisit une structure, il faut tenter d'établir comment elle s'est formée par rapport à la croissance du poisson car les zones de croissance ne se développent pas nécessairement de la même manière pendant toute la vie du poisson.

Écailles

Les écailles cycloïdes et cténoïdes sont celles qui sont le plus souvent utilisées pour la détermination de l'âge. Les écailles cycloïdes, produites par les poissons possédant des nageoires à rayons mous, sont généralement circulaires et la croissance est répartie également autour du centre ou foyer tandis que, sur les écailles cténoïdes, présentes chez les poissons possédant des nageoires à rayons épineux, la croissance autour du centre est inégale et de petites épines ou ctenii se trouvent sur la partie postérieure de l'écaille. Certains poissons, dont les poissons plats, possèdent les deux types d'écailles.

La taille des écailles, qui forment une enveloppe extérieure protectrice, augmente au cours de la croissance du poisson et ce, surtout avant sa maturité. La croissance de la plupart des poissons, des mâles en particulier, diminue après la maturité. Cette réduction du taux de croissance corporelle peut avoir une incidence sur la croissance des écailles et modifier le régime de formation des circuli. Cela signifie que l'aspect d'un annulus chez un jeune poisson ne sera pas nécessairement le même chez un poisson plus âgé. Si la croissance du poisson est très lente ou inexistante, la croissance des écailles pourra être minimale ou absente. Les annuli seront très entassés sur le bord de l'écaille, souvent même non identifiables. Vers la fin de la vie, le calcium des écailles peut être resorbé, ce qui entraîne un déplacement ou une brisure des circuli. Chez quelques espèces, les écailles peuvent devenir minces ou transparentes, rendant difficile l'observation des annuli. Les écailles régénérées (fig. 1A) sont une source de problème quand le poisson vieillit et il est parfois difficile de trouver une écaille complète dans une zone propice (fig. 1B).

Quand on utilise des écailles, il faut bien comprendre qu'il y a risque de sous-évaluer l'âge après la maturité. Si l'on ne tient pas compte des possibilités d'erreur, on peut à tort présumer que la croissance demeure relativement rapide et que l'espèce ne vit pas longtemps. Les âges déterminés à l'aide d'écailles devraient donc être validés pour tous les groupes d'âge d'une population ou une deuxième méthode de détermination devrait être utilisée pour les poissons plus gros (et plus vieux) de cette population. Chez certaines espèces, les écailles constituent les meilleures structures pour déterminer l'âge des jeunes poissons.

Ordinairement, les écailles sont prélevées au-dessus de la ligne latérale, à la hauteur de la deuxième nageoire dorsale, et elles sont conservées dans de petites enveloppes à monnaie. On peut les nettoyer et les teindre légèrement dans une solution aqueuse de violet de gentiane pour ensuite les monter sur des lames de microscope dans une solution de Faures (Chilton 1970). Si elles sont propres, les écailles sèches peuvent être montées temporairement entre deux lames de microscope. Il est aussi possible d'en faire des impressions pratiques et permanentes sur acétate, mais notre laboratoire n'utilise pas cette méthode de façon régulière.

L'annulus d'une écaille peut s'identifier ou se décrire comme étant un entassement ou un rétrécissement des circuli (fig. 1B) que l'on peut généralement, mais pas toujours, suivre autour des parties antérieures et latérales de l'écaille. On remarquera parfois un chevauchement ou une série de circuli brisés dans la zone annuelle ou resserrée, près du quadrant postérieur. Immédiatement après, une

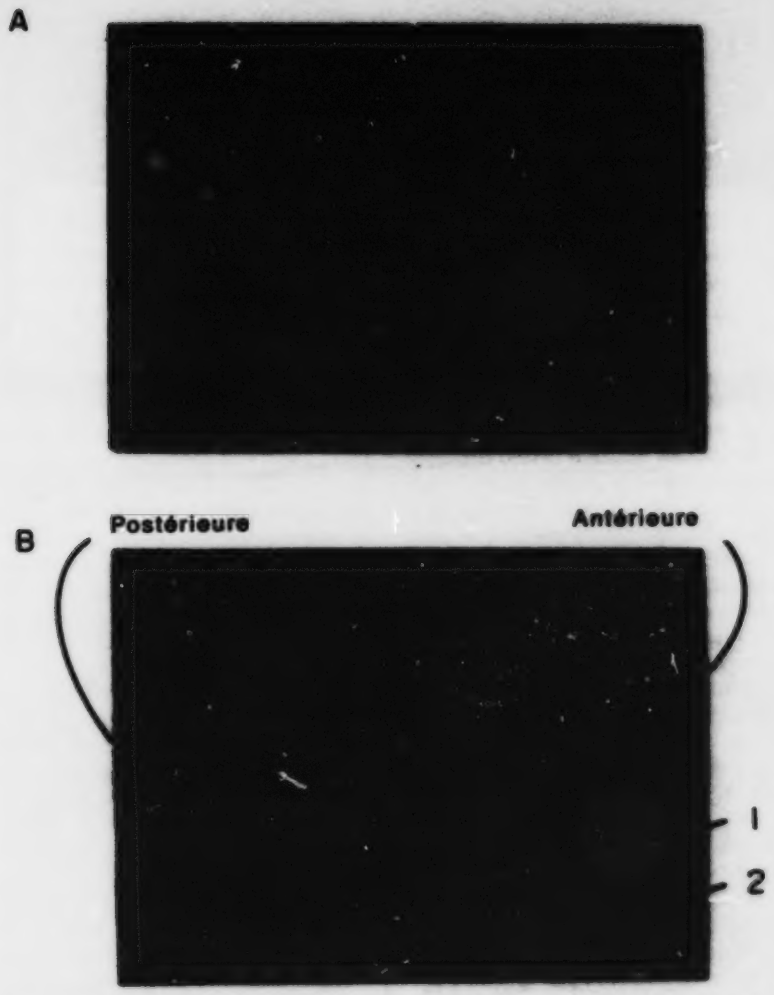


FIG. 1 (A) Écaille régénérée ou remplacée de la morue du Pacifique. (B) Annuli d'une écaille de morue du Pacifique.

zone de circuli très espacés est souvent présente, ce qui révèle une nouvelle croissance.

OTOLITHES

L'oreille interne du poisson compte trois paires d'otolithes. Les sagittae, qui constituent la plus grosse paire, servent couramment pour la détermination de l'âge et le terme général d'otolithe est utilisé comme synonyme de sagittae. Il est essentiel de réaliser que la formation de l'otolithe n'est pas isométrique pendant toute la vie d'un poisson. À mesure que le poisson vieillit, il se dépose sur la face interne de l'otolithe une plus grande quantité de matière que sur la face externe et il est possible que cette dernière ne reçoive aucun dépôt au cours d'une année donnée. Il est donc important d'évaluer le nombre d'annuli à partir de coupes transversales ou d'otolithes cassées au niveau du foyer, en plus d'étudier la surface extérieure selon la méthode ordinaire.

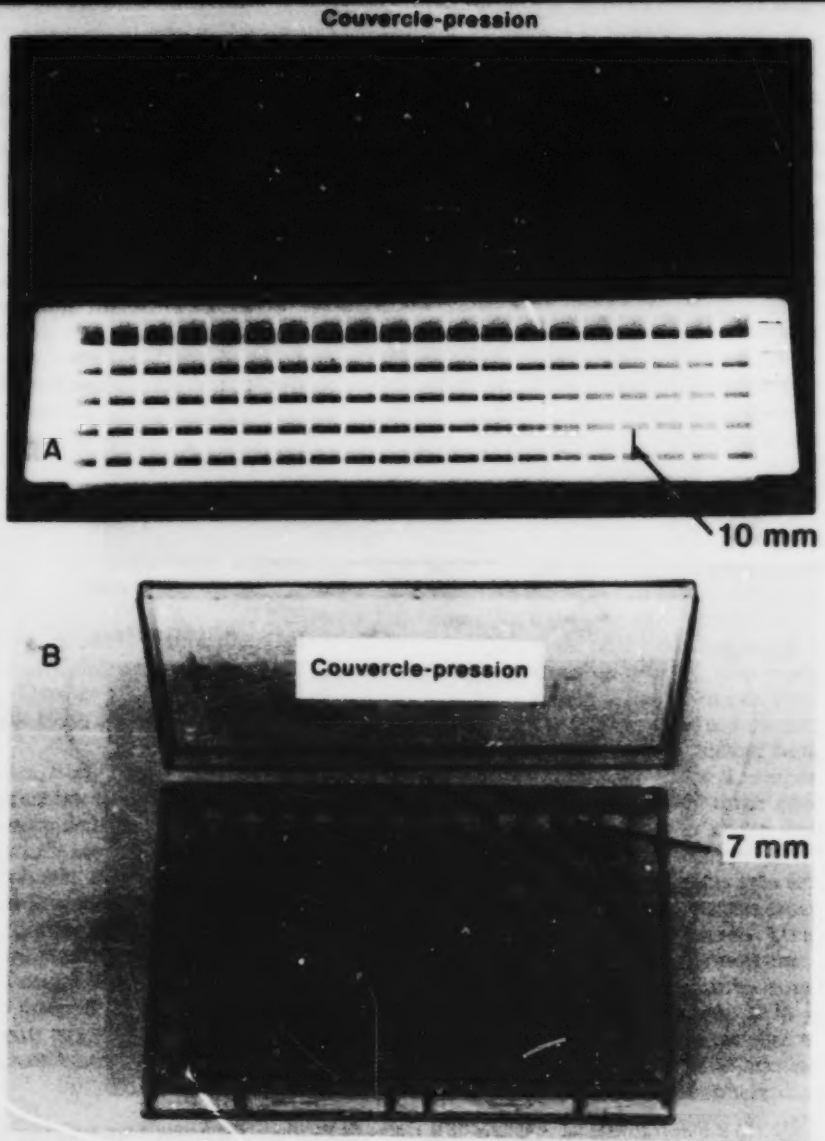


FIG. 2 Plateau d'entreposage en plastique. (A) Plateau utilisé pour les grosses otolithes, dont celles des scorpènes et du merlu. (B) Plateau utilisé pour les petites otolithes, dont celles de la morue charbonnière.

Les otolithes sont probablement le meilleur reflet permanent de la croissance du poisson puisqu'elles ne connaissent aucune résorption osseuse et semblent recevoir un dépôt chaque année. Cependant, si le poisson doit être gardé vivant, d'autres structures devront être utilisées.

Afin de permettre l'étude des surfaces, des coupes et des moitiés brûlées d'otolithe, les deux sagittae sont recueillies. Il y a différentes manières de les conserver une fois qu'elles sont enlevées de la tête du poisson. Dans notre laboratoire, nous utilisons des plateaux de plastique où chaque paire occupe un compartiment (fig. 2A, 2B). On en trouve de différentes grosseurs, mais les plus grands et les plus pesants sont préférables pour l'échantillonnage en mer à cause de leur meilleure stabilité. Après avoir rempli le plateau d'un milieu d'entreposage, on peut le fermer hermétiquement à l'aide d'une pellicule auto-collante ou de Parafilm avant de replacer le couvercle-pression en plastique. Des

fioles de verre ou de plastique remplies de milieu liquide peuvent aussi être utilisées; elles conviennent bien, mais sont dispendieuses et souvent difficiles à manipuler et à entreposer.

Il existe différents types de milieu d'entreposage. Le plus souvent, nous utilisons un mélange de glycérine et d'eau (environ moitié moitié), additionné d'un peu de thymol. Nous faisons aussi des essais sur un certain nombre d'autres milieux. Des otolithes venant de plusieurs espèces de poissons sont entreposées dans de l'éthanol, de la glycérine, un mélange d'eau et de thymol, d'eau salée et de thymol, d'eau douce et de thymol ainsi qu'à sec. Nous comptons poursuivre cette expérience pendant 5 ans afin de déterminer si des changements s'effectuent dans la clarté des anneaux de croissance. Les résultats d'une expérience préliminaire ont démontré que les zones de croissance d'otolithes de merlu du Pacifique entreposées dans l'eau salée pendant 5 ans n'y ont pas perdu en clarté. Il est important d'ajouter une quantité suffisante de thymol quand on utilise de l'eau, afin de réduire la croissance de bactéries, de champignons et d'algues. On doit aussi prendre soin d'enlever toutes les membranes et les tissus entourant les otolithes.

Il semble que l'étude de la surface extérieure d'une otolithe donne de bons résultats pour les jeunes poissons à croissance rapide de la plupart des espèces. La structure, immergée dans l'eau sur un arrière-plan foncé, est examinée à l'aide d'un microscope à dissection avec lumière réfléchie. Certaines otolithes possèdent une surface trouble ou crayeuse qui empêche l'identification des zones de croissance. On peut rendre celles-ci un peu plus distinctes en plongeant rapidement l'otolithe dans une faible solution de HCl (généralement 20 %) avant de l'immerger dans l'eau.

Les otolithes des poissons plus vieux, à croissance lente, s'épaississent et les zones de croissance annuelle ne se forment pas également sur toutes les surfaces (Irie 1960). Afin de déceler les annuli, il faut alors étudier des coupes transversales. On peut briser l'otolithe transversalement au niveau du foyer, puis brûler prudemment l'une des surfaces brisées, à l'aide d'un brûleur à alcool (Chugunova 1959; Christensen 1964). La concentration de matières organiques dans les zones translucides produit des bandes foncées distinctes, qui font contraste avec les bandes claires des zones opaques, sous lumière réfléchie. La moitié brûlée est enchâssée dans de la pâte à modeler ou une substance semblable (fig. 3) et recouverte d'un peu d'huile de cèdre (ou d'huile de cuisson non toxique) afin d'accroître le contraste entre les zones. Elle doit être entreposée à sec jusqu'à la fin de l'étude car l'effet

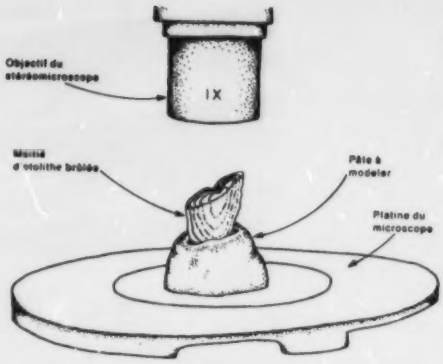


FIG. 3 Dessin d'une otolithe cassée et brûlée, enchâssée dans la pâte à modeler sur la platine d'un microscope.

du brûlage s'estompe dans les milieux d'entreposage. En outre, puisque les brûlures tendent à s'effacer avec le temps, il faudra répéter l'opération ou brûler l'autre moitié si les lectures sont très espacées. À l'occasion, le bord interne de l'otolithe brisée devient trop foncé par suite du brûlage, ce qui rend difficile l'observation des nouveaux dépôts quand on examine les petites zones de croissance. Dans le texte, le bord du sulcus acusticus sera considéré comme le bord de la sulcature.

La procédure suivante est utilisée pour obtenir des coupes minces du centre de l'otolithe. Toutes les structures osseuses destinées à être sectionnées (dont les otolithes) sont d'abord trempées dans du toluène afin que la résine époxy y adhère. L'otolithe est ensuite enchâssée dans la résine époxy étalée sur une planche recouverte de Parafilm et divisée en carrés bien étiquetés ou identifiés (fig. 4A). Il faut utiliser une quantité suffisante de résine afin que la pince de la machine puisse tenir l'ensemble (fig. 4B). Cette résine, qui fait partie d'une trousse de réparations, peut être achetée en gros à la Hysol Division de la Dexter Corporation. Nous la recommandons car elle forme après séchage une substance claire et dure, facile à manipuler.

L'épaisseur de la plupart des coupes est d'environ 0,5 mm, mais peut varier selon l'aspect des zones de croissance à l'intérieur de la structure. Nous recommandons d'effectuer un essai avant d'étudier un nouvel échantillon et d'examiner à cet effet au moins trois coupes de différentes épaisseurs. On devrait aussi vérifier périodiquement l'épaisseur et l'angle de la coupe. Quand l'épaisseur requise est obtenue, plusieurs coupes d'une structure sont placées sur une lame de microscope et couvertes d'une lamelle liquide à séchage rapide comme le Flo-texx. On obtient une meilleure vue des zones de croissance présentes sur une coupe si l'on

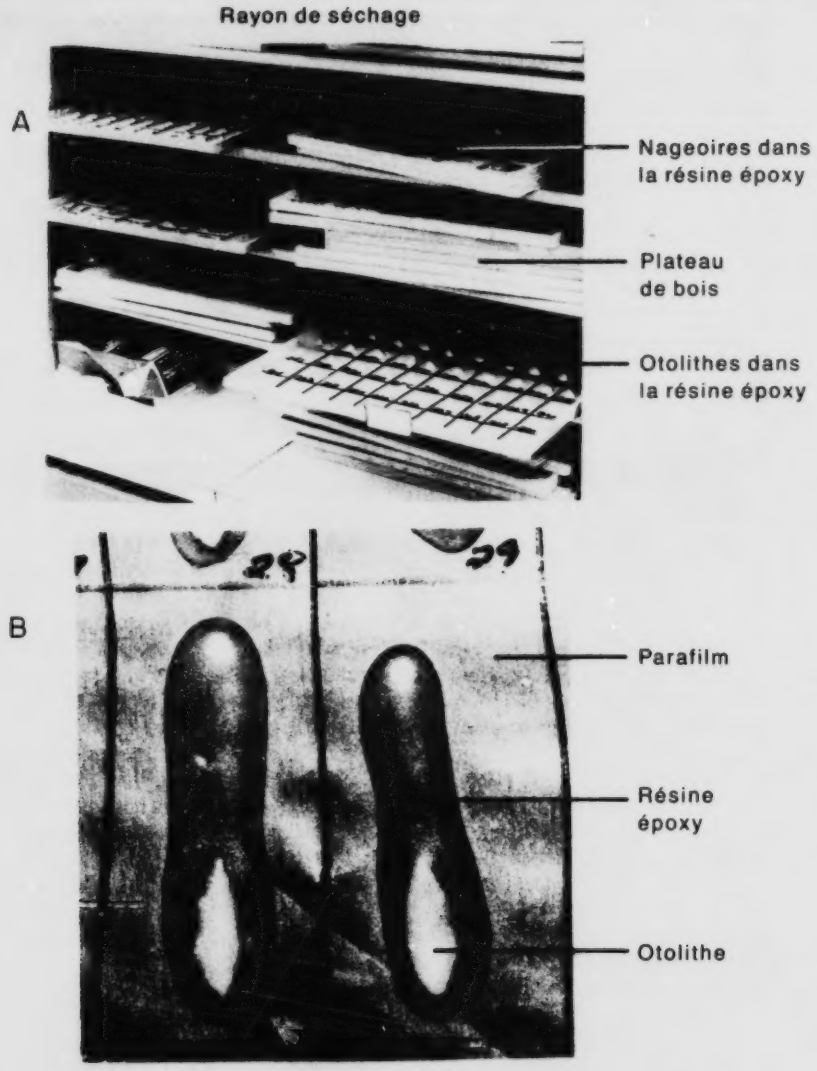


FIG. 4 (A) Rayons de nageoire et otolithes dans la résine époxy, mis à sécher sur des planches recouvertes de Parafilm. (B) Agrandissements d'otolithes dans la résine.

applique une couche d'huile qu'on laisse pénétrer pendant quelques heures avant d'ajouter la lamelle liquide. La clarté et le contraste des zones de croissance s'amélioreront si on laisse sécher pendant 24 h la coupe recouverte de Flo-texx.

Des coupes minces devraient être effectuées et étudiées à l'aide d'un microscope composé à grossissement élevé quand un stéréomicroscope ne suffit pas pour grossir les petites zones de croissance présentes sur la partie cassée et brûlée d'une otolithe. Si l'on ne réussit pas à distinguer les annuli, l'otolithe est rejetée.

Les otolithes dont la croissance est rapide produisent parfois de larges zones de croissance qui contiennent souvent des marques. Il est toutefois possible d'éliminer le problème de l'identification de ces marques en étudiant une zone de croissance plus lente (fig. 5). La zone de croissance rapide est souvent utile pour déterminer si de nouveaux dépôts sont présents sur le bord de l'otolithe et pour résou-

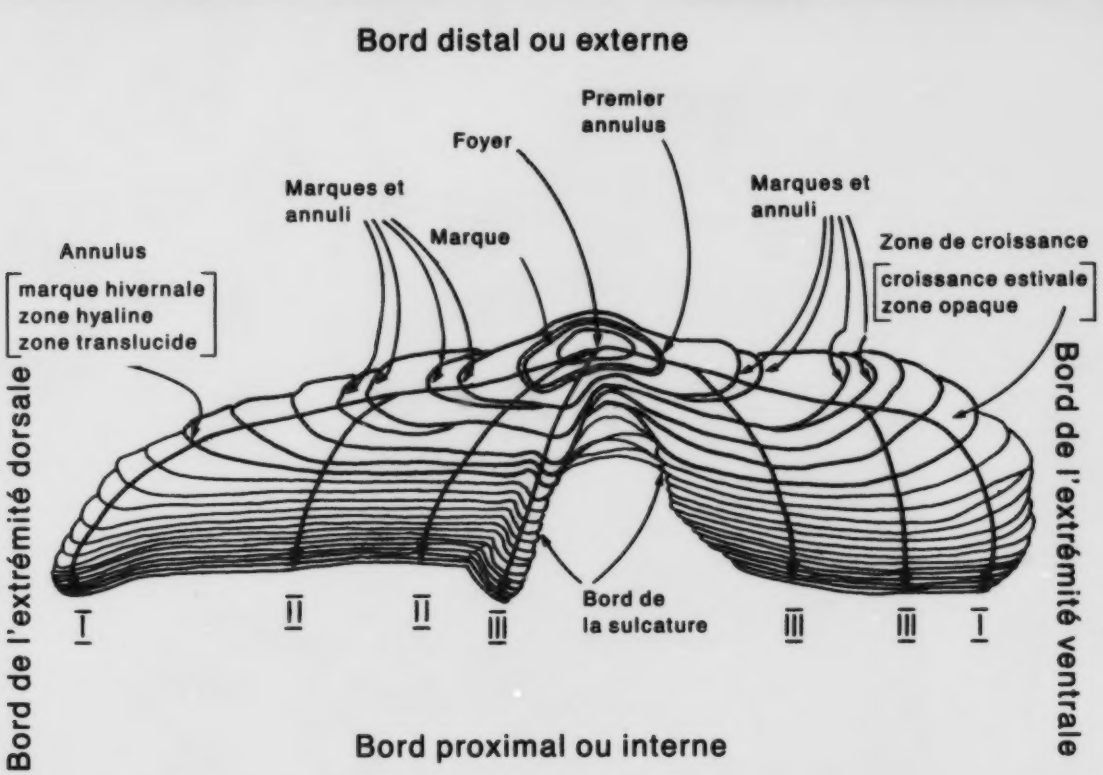


FIG. 5 Dessin d'une coupe transversale d'une otolithe, présentant les parties utilisées pour le dénombrement et l'établissement des caractéristiques de détermination de l'âge. Les flèches pointant vers I indiquent les zones de croissance rapide et celles pointant vers II et III, les zones de croissance lente. La zone II est la plus propice à la détermination de l'âge de la plupart des scorpènes. Toutefois, le schème le plus clair ne sera pas toujours dans la zone propice et, par conséquent, d'autres zones devraient être étudiées. Il faudrait toujours examiner plus d'une zone.

dre le problème des annuli entassés sur le bord de l'otolithe d'un poisson âgé.

COUPES DE RAYONS DE NAGEOIRE

On doit considérer les coupes de rayons de nageoire comme une technique secondaire aux méthodes traditionnelles qui se servent des écailles et des otolithes. En théorie, on peut utiliser des coupes de rayons ou d'épines de toute nageoire mais, en pratique, ce sont les nageoires dorsale, pectorales et pelviennes qui sont le plus souvent utilisées. Chaque rayon de nageoire possède deux éléments et l'examen porte habituellement sur le plus gros. Chaque fois qu'une nouvelle espèce ou, dans certains cas, une nouvelle population ou un nouveau stock sont étudiés, on devrait examiner des coupes de toutes les épines et de tous les rayons. D'après notre expérience, les épines ou rayons les plus adéquats sont ceux dont le taux de croissance est intermédiaire. Il existe un endroit préféré pour la détermination de l'âge sur le rayon d'une nageoire, endroit qui ne peut être découvert que par l'expérience. L'épaisseur de la coupe permettant un contraste optimal entre les zones opaques et translucides variera d'une espèce à l'autre. Il faut effectuer les coupes à angle droit par rapport à la longueur du rayon. Si un schème de croissance est visible mais difficile à interpréter, une amélioration de la qualité de la coupe aidera souvent à le préciser. Même s'il n'est nécessaire d'examiner qu'un seul rayon de nageoire, on peut souvent gagner du temps en coupant dès le début quatre à six rayons et en effectuant trois coupes des quatre à six rayons combinés.

Cette technique possède les avantages suivants : elle permet de déterminer plus précisément l'âge des vieux poissons et il n'est pas nécessaire de sacrifier le spécimen. Les inconvénients en sont l'interprétation difficile du premier annulus et les

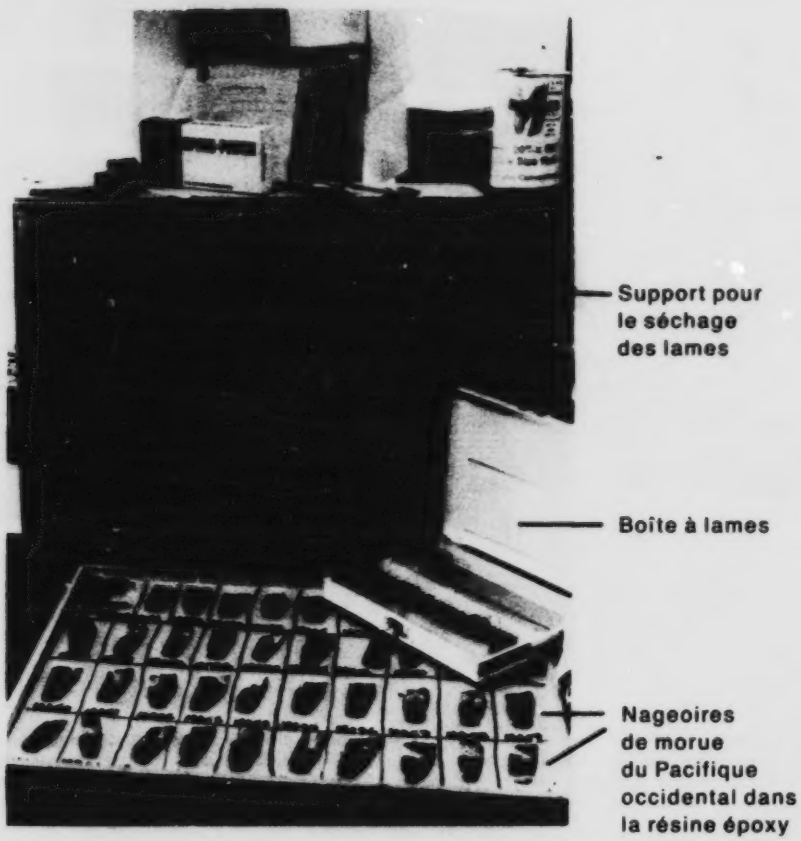


FIG. 6 Rayons de nageoire dans la résine époxy mis à sécher sur une planche recouverte de Parafilm. Le nécessaire pour la préparation et l'entreposage des coupes de rayons paraît aussi sur illustration.

problèmes de manipulation, d'entreposage et de préparation des rayons. Une certaine expérience est nécessaire pour l'application et l'interprétation correctes de la méthode.

Les nageoires doivent être placées dans des enveloppes non encollées de papier kraft de 14,5 kg, pour être immédiatement congelées ou séchées à l'air (de 2 à 5 jours). Le séchage à l'air semble être préférable au séchage artificiel. Une enveloppe plus mince tend à sécher et à coller à la nageoire. Le bout coupé de la structure doit être placé à l'extrémité ouverte de l'enveloppe et la surface tranchée doit être perpendiculaire à l'axe longitudinal des rayons de la nageoire. Ainsi, les rayons sont à plat et sèchent de manière à ce que la surface coupée soit à angle droit par rapport aux rayons de la nageoire. La structure ne doit jamais être tordue ou froissée durant l'entreposage car il sera impossible d'obtenir des coupes perpendiculaires à tous les rayons dans la même région sans avoir à séparer et à préparer tous les rayons à nouveau.

Les rayons de nageoire sont préparés de façon semblable à celle décrite dans la section sur les otolithes. On utilise une planche recouverte de Parafilm où les rayons sont enchâssés dans la résine époxy, étendue uniformément jusqu'à environ 3,5 cm de la base de la nageoire (fig. 6) afin de fournir un support rigide quand l'ensemble est fixé au microtome (fig. 7, 8). Les nageoires dont la longueur ne dépasse pas 2,5 cm sont complètement

FIG. 7 Microtome de type Bronwill.

enchâssées dans la résine époxy pour en faciliter la manipulation. Si la nageoire est très large, il faut la couper entre les rayons à une largeur de 2,5 cm. Les coupes ne doivent pas être effectuées quand la résine est encore molle; la vibration des structures pendant le sectionnement brisera les rayons. Les coupes doivent être déposées sur une lame de verre et recouvertes de milieu liquide comme le Flo-texx.

AUTRES STRUCTURES

Dans notre laboratoire, nous n'utilisons pas de structures telles que les os operculaires, les os interoperculaires ou le cleithrum, car nous ne le jugeons pas nécessaire. Les écailles, les otolithes et les rayons de nageoire semblent être les plus faciles à échantillonner et à étudier.

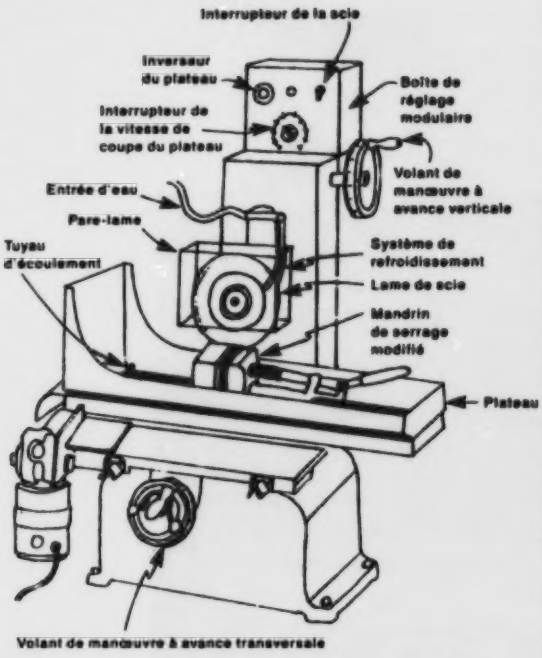


FIG. 8 Dessin des différentes parties du microtome de type Bronwill.

ANALYSE DES FRÉQUENCES DE LONGUEUR (Schnute et Fournier 1980)

En général, l'analyse des fréquences de longueur ne sert qu'à identifier les premiers groupes d'âge d'une population. Après 3 ou 4 ans, les âges sont souvent douteux. La méthode peut toutefois être appliquée à des espèces dont la croissance est rapide et la durée de vie courte comme la morue du Pacifique.

Interprétation

Il est nécessaire d'identifier et de compter les annuli afin de déterminer l'âge d'un poisson. Dans notre laboratoire, nous décrivons un annulus comme la zone translucide ou hyaline présente sur une otolithe ou une coupe de rayons de nageoire ou, sur les écailles, la zone de circuli entassés. Chez les poissons âgés (10 ans ou plus), l'aspect de l'annulus sur l'otolithe ou la coupe de rayons de nageoire change habituellement au cours de la croissance. Comme l'annulus peut être impossible à identifier sur l'écaille, cette structure n'est pas recommandée pour la détermination de l'âge des poissons présumés vivre longtemps.

Nous recommandons d'utiliser la norme internationale selon laquelle le 1er janvier est considéré comme l'anniversaire de la naissance. Ainsi, les poissons dont l'âge aura été correctement déterminé seront assignés à la bonne classe d'âge. Il est donc nécessaire que le chercheur connaisse la date de capture. Dans notre laboratoire, la présence d'une matière opaque est soulignée par le signe + s'il y a lieu. Si un poisson est pris vers la fin de l'année et que la structure a un annulus de formé sur le bord, le lecteur note 3(4), ce qui signifie que le poisson est âgé de 3 ans et que la croissance de la quatrième année est complétée. Si l'âge est déterminé au printemps (après le 1er janvier) quand la nouvelle croissance n'a pas encore débuté et qu'un annulus de l'année précédente n'est pas visible sur le bord, l'âge est noté comme 3(2+). Cela veut dire que le poisson est âgé de 3 ans mais que le troisième annulus n'est pas formé. Si un annulus est présent sur le bord au cours des premiers mois de l'année, l'âge est désigné comme 3 ans. Dans tous les cas, le nombre qui précède la parenthèse représente la meilleure évaluation de l'âge et le nombre entre parenthèses correspond au nombre d'annuli identifiés. Ce système est nécessaire car le lecteur est le plus qualifié pour juger si la croissance opaque (ou l'espacement prononcé des circuli) représente une nouvelle ou une vieille croissance. Si le poisson a été pêché à un moment de l'année où une nouvelle croissance opaque ne fait qu'apparaître, soit juin ou juillet dans notre région, il peut être très difficile d'interpréter le bord de la structure. Cela ne sera peut-être pas un problème pour les jeunes poissons à croissance rapide car les zones opaques sont généralement larges. Mais, chez les poissons plus âgés à croissance lente, il n'est pas facile de déterminer si l'étroite bande opaque vient d'être formée ou l'a été l'année précédente. On doit généralement prendre une décision en comparant la largeur des zones opaques précédentes, mais dans plusieurs cas l'interprétation est difficile.

La croissance la plus importante des poissons matures appartenant à de nombreuses espèces s'effectue de juin à septembre; la nouvelle croissance opaque ne sera donc pas évidente avant la mi-juin ou juillet. Comme il est facile de confondre une petite quantité de nouvelle croissance avec la croissance de l'année précédente, il est préférable, si possible, de choisir des poissons qui ont été capturés à des périodes autres que celles où une nouvelle croissance opaque commence.

Le schème de croissance annuelle des nageoires et des otolithes est représenté par une zone opaque

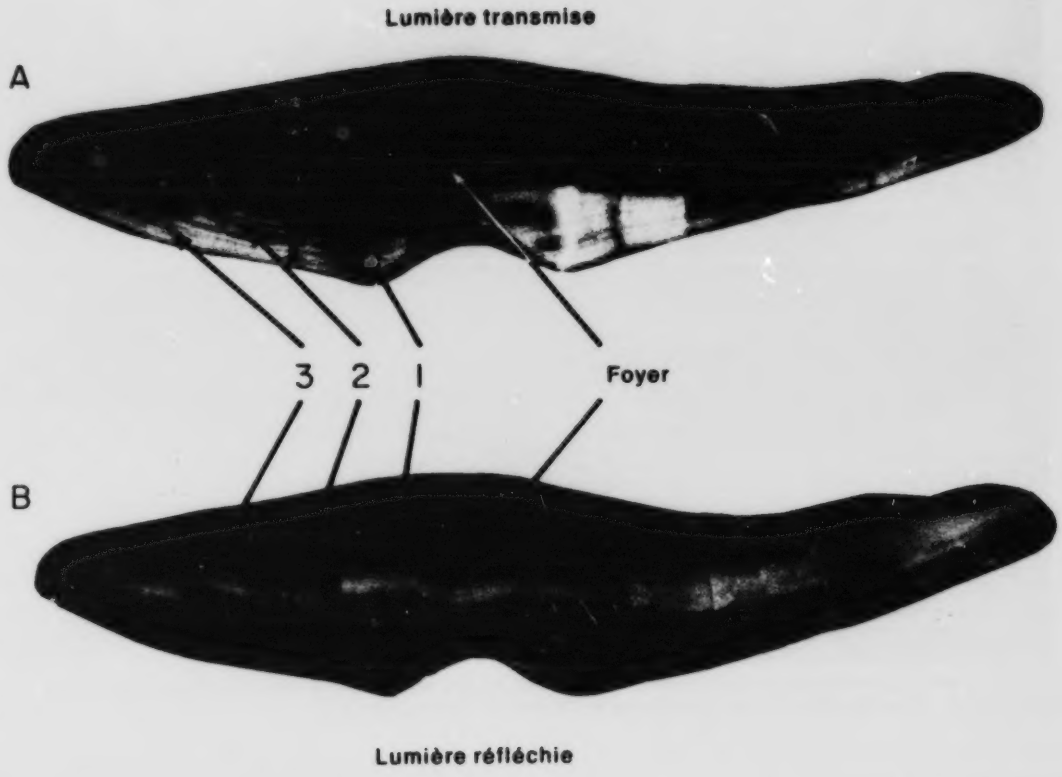


FIG. 9 (A,B) Aspect et position des annuli, sous lumières transmises et réfléchies, d'une otolithe de merlu du Pacifique.

et une zone translucide ou hyaline nommée annulus. Ces zones correspondent respectivement à une période de croissance rapide et de croissance lente. Quand on utilise une lumière transmise, l'annulus paraît clair et la zone opaque de croissance est foncée mais, sous lumière réfléchie, on observe le contraire, soit un annulus foncé et une zone de croissance claire (fig. 9A, 9B). Le lecteur doit être conscient de cette différence car les deux types de lumière sont utilisés.

Les premières années observées sur une coupe d'une structure sont représentées par de grandes zones de croissance. Quand le poisson vieillit et que la croissance ralentit, la grandeur de la zone de croissance annuelle diminue et les zones opaques et translucides peuvent être de la même largeur (fig. 10).

Précision et exactitude

Il est important de différencier entre la précision et l'exactitude. Le premier terme signifie le degré de reproductibilité et se rattache à la variabilité entre les lecteurs ou entre les lectures, tandis que le second se rapporte au degré de proximité à la vraie valeur et concerne donc la déviation par rapport au vrai âge. Les études visant la détermination de l'âge des poissons couvrent généralement bien le problème de précision, mais on consacre assez peu d'effort pour ce qui est de l'exactitude.

On peut utiliser des techniques statistiques normalisées pour évaluer si l'âge est précis. Un certain nombre de tests, dont le test du chi carré, ont servi à comparer les lectures ou les lecteurs. On emploie communément une comparaison par accord

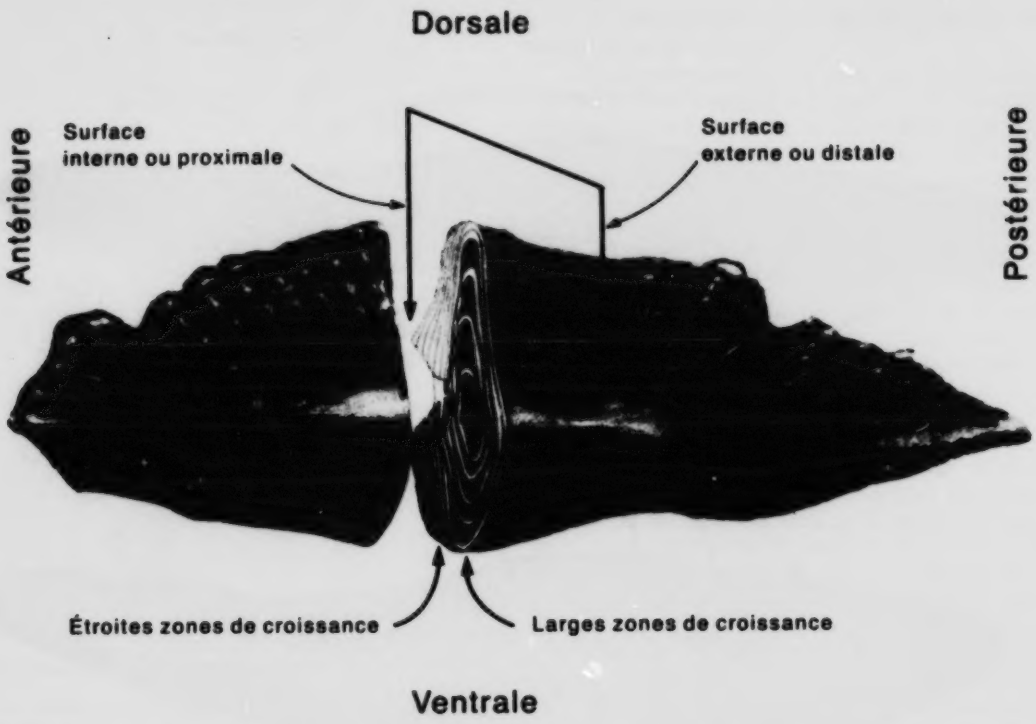


FIG. 10 Ce dessin d'une otolithe de merlu du Pacifique représente la relation entre les annuli visibles à la surface et ceux exposés en coupe. À noter le rétrécissement des zones de croissance en fonction de l'âge.

procentuel, ce qui signifie qu'une série de lectures correspond à une autre selon un certain pourcentage et dans les limites de ±1 an selon un autre pourcentage et ainsi de suite. Mais cette méthode ne permet pas d'évaluer l'importance relative d'une erreur de détermination, ni de comparer facilement des ensembles de déterminations.

Nous avons élaboré dans notre laboratoire un indice de pourcentage moyen d'erreur qui permet une comparaison plus significative des estimations d'âge en série (Beamish et Fournier 1981). La technique traditionnelle d'accord procentuel n'évalue pas le degré de précision d'une façon égale pour toutes les espèces. Par exemple, si 95 % des âges déterminés par deux lecteurs pour la morue du Pacifique correspondent dans les limites de ±1 an, cela représente une précision peu élevée car la plupart des échantillons commerciaux ne contiennent que quelques classes d'âge. Toutefois, si 95 % des âges déterminés pour l'aiguillat commun correspondent dans les limites de ±5 ans, il peut s'agir d'une précision très élevée car l'aiguillat peut atteindre 60 ans et avoir environ 30 groupes d'âge dans une pêche.

En outre, l'indice d'erreur moyenne ou de pourcentage moyen d'erreur peut servir à comparer la précision d'ensembles de déterminations, réalisées pour la même espèce ou pour des espèces différentes, à l'aide de différentes structures ou par différents laboratoires.

L'indice est calculé de la façon suivante :

$$\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\left[\frac{1}{R}\sum_{i=1}^{R}\frac{|X_{ij}-X_j|}{X_j}\right]$$

où N représente le nombre de poissons dont l'âge est déterminé, R est le nombre de fois que l'âge de chaque poisson est déterminé, X_{ij} correspond à la i^e détermination de l'âge du j^e poisson et X_j équivaut à l'âge moyen calculé pour le j^e poisson. Après l'avoir multiplié par 100, l'indice devient l'indice de pourcentage moyen d'erreur.

L'estimation de l'exactitude est plus difficile et les erreurs peuvent être importantes surtout quand on veut déterminer l'abondance relative d'une

FIG. 11 Trois coupes de différentes épaisseurs d'un rayon de nageoire, effectuées à l'aide d'un laminoir de type Bronwill à haute vitesse équipé d'une lame diamantée.

cohorte. Par exemple, si une classe d'âge importante se manifeste dans une population et qu'elle est précédée ou suivie de faibles classes d'âge, et si les erreurs de détermination de l'âge augmentent avec l'âge de la cohorte, il en résultera une surestimation importante de la taille initiale des classes d'âge faibles. En plus, si l'on ne réalise pas qu'une espèce particulière peut vivre très longtemps, il y aura une accumulation artificielle de poissons dans les groupes d'âge voisins de l'âge auquel la technique de détermination ne s'applique plus. Ce genre d'erreur peut avoir de graves conséquences quand on élabore une stratégie d'exploitation.

L'exactitude peut seulement être évaluée quand une méthode est validée pour tous les groupes d'âge d'un stock ou d'une population. Une fois validée pour tous les groupes d'âge, et cela est souvent difficile, une méthode sera rarement confirmée pour plus d'un stock. En pratique, l'exactitude des âges déterminés n'est presque jamais évaluée.

La comparaison des âges déterminés à l'aide de plusieurs techniques, dont la lecture des surfaces et des coupes d'otolithes, des otolithes cassées et brûlées et des coupes de rayons de nageoire, constitue une méthode d'évaluation de l'exactitude. Si toutes les lectures sont semblables, nous obtenons un degré plus élevé de confiance dans l'âge déterminé. Toutefois, il est essentiel que la procédure soit validée si les âges ne sont pas semblables. Cela nécessite généralement une étude d'étiquetage et de recapture et peut-être l'injection d'une substance comme l'OTC pour marquer la structure osseuse.

Équipement

Dans notre laboratoire, nous utilisons un microtome modifié de type Bronwill (fig. 7, 8) pour couper les otolithes et les rayons de nageoire. Le fonctionnement régulier et continu de la machine

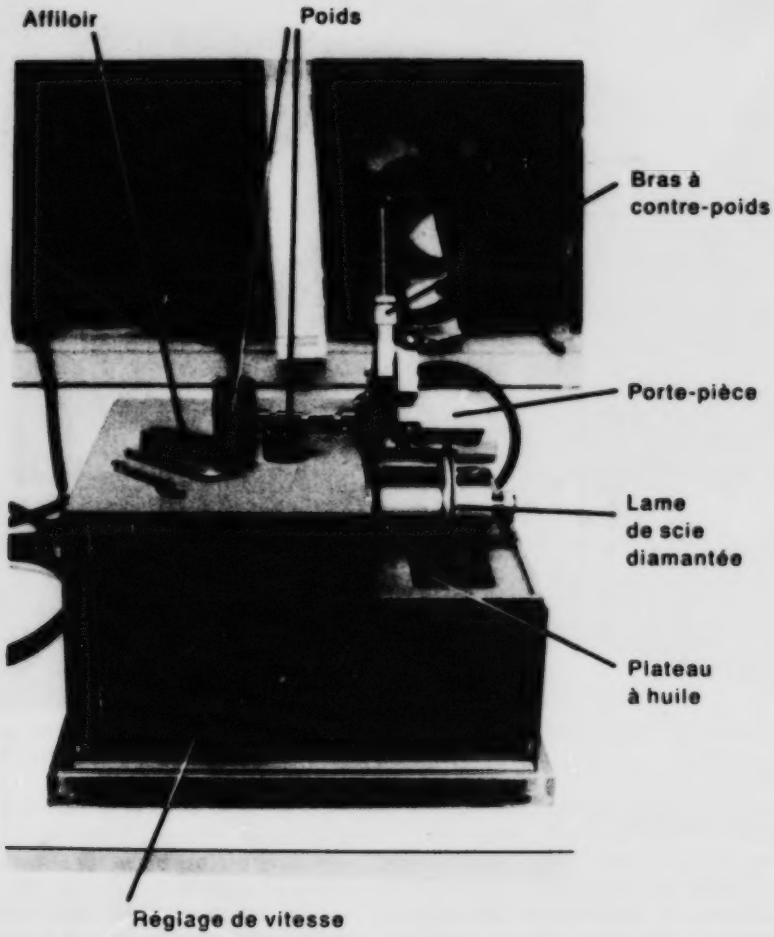


FIG. 12 Scie de type Buehler-Isomet à petite vitesse.

requiert une certaine expérience. Avant de commencer, il faut déterminer la vitesse de coupe, le débit d'eau et la hauteur de la lame (contrôlée par le volant de manœuvre à avance verticale). Les structures délicates et friables comme les otolithes, qui peuvent être facilement brûlées, sont coupées à une plus basse vitesse que les rayons de nageoire qui, plus épais, peuvent résister à des vitesses plus élevées. L'épaisseur des coupes est contrôlée par un volant de manœuvre à avance transversale (fig. 11).

Pour couper les structures enchâssées, nous utilisons à l'occasion une scie à petite vitesse de type Buehler-Isomet (fig. 12), mais elle est trop lente pour la plupart des travaux ordinaires. Par contre, elle est utile pour les études expérimentales car les basses vitesses permettent le contrôle nécessaire. On peut l'utiliser pour bissecter les otolithes trop épaisses pour être cassées avant d'être brûlées; pour ce faire, il faut les enchâsser dans de la pâte à modeler sur le porte-pièce. La scie peut aussi servir au polissage de la surface cassée d'une otolithe, polissage que l'on effectue en plaçant doucement le bord contre l'abrasif de la lame diamantée : certains lecteurs préfèrent étudier le bord coupé et poli au lieu du bord cassé.

L'étude des écailles pour la détermination de l'âge est réalisée à l'aide d'un microprojecteur de type Eberbach (fig. 13) à un grossissement de 40X

FIG. 13 Image d'une écaille de hareng projetée sur un écran par un microprojecteur de type Eberbach.

ou à l'aide d'un lecteur-imprimeur de microfiches (fig. 14). Dans ce dernier cas, les structures comme les écailles et les coupes montées sur des lames de verre peuvent être placées sur le plan optique à ouverture automatique du porte-microfiche. Ce dispositif se déplace facilement et sans secousses dans toutes les directions et l'image peut être projetée sur un écran non éblouissant, jusqu'à un grossissement de 48X. Le lecteur-imprimeur produit une image de la structure en quelques secondes, image qui peut être utilisée pour un échange de vues ou comme fiche permanente. Il ne faut pas utiliser les lecteurs de microfiches pour la détermination courante de l'âge car l'éclairage et le grossissement ne suffisent pas pour identifier tous les annuli.

Dans notre module de détermination des âges, nous utilisons avec succès la microscopie télévisée (fig. 15). L'image des structures avec lesquelles l'âge est difficile à déterminer est projetée sur un écran vidéo à l'aide d'une caméra de type CCTV Hitachi, montée sur un microscope composé de type Wild M20 ou un stéréomicroscope de type Wild M8. La mise au point électronique et les commandes de rayons permettent d'ajuster de façon délicate la netteté de l'image, sans distorsion importante.

Nous utilisons aussi dans notre laboratoire des stéréomicroscopes de types Wild M5, M8 et M5A, qui donnent une image tridimensionnelle des spécimens. Le M5A est équipé d'optiques apochromatiques qui ajustent complètement la couleur et

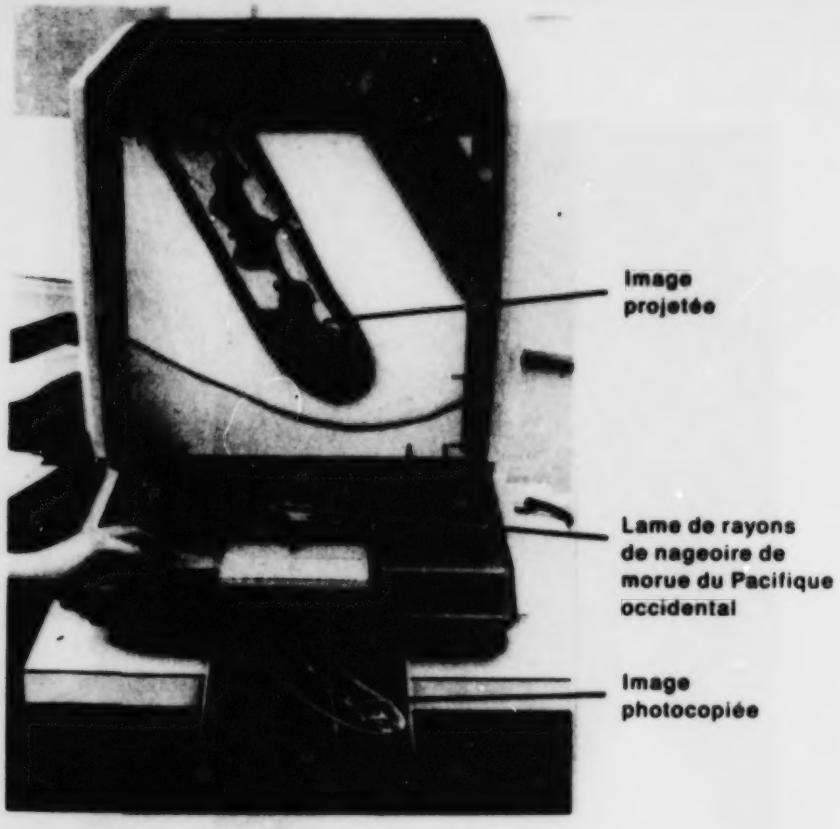


FIG. 14 Projection et photocopie d'une coupe de rayons de nageoire de morue du Pacifique occidental, effectuées à l'aide d'un lecteur-imprimeur de microfiches.

possèdent une ouverture numérique plus élevée permettant une plus grande résolution. Des microscopes composés comme l'Olympus BHA et le Wild M20 ont été munis de condensateurs à contraste de phase, de filtres verts et d'objectifs à phase spéciaux de haute qualité. Nous examinons souvent les coupes transversales à l'aide d'un objectif 4X (qui n'est pas un objectif à phase), combiné à un condenseur à contraste de phase; un meilleur contraste est ainsi obtenu. On peut grandement améliorer la puissance de résolution de ces microscopes grâce à des objectifs apochromatiques spéciaux à grossissement de 10X ou plus.

Les méthodes d'éclairage sont très importantes (Blacker 1964). On peut utiliser la lumière transmise et la lumière réfléchie en même temps au cours de l'examen des lames. Souvent un type d'éclairage précisera un détail que l'autre type n'aura pas permis de rehausser. Les dispositifs d'éclairage à fibres optiques, dont la lampe circulaire, la lampe col de

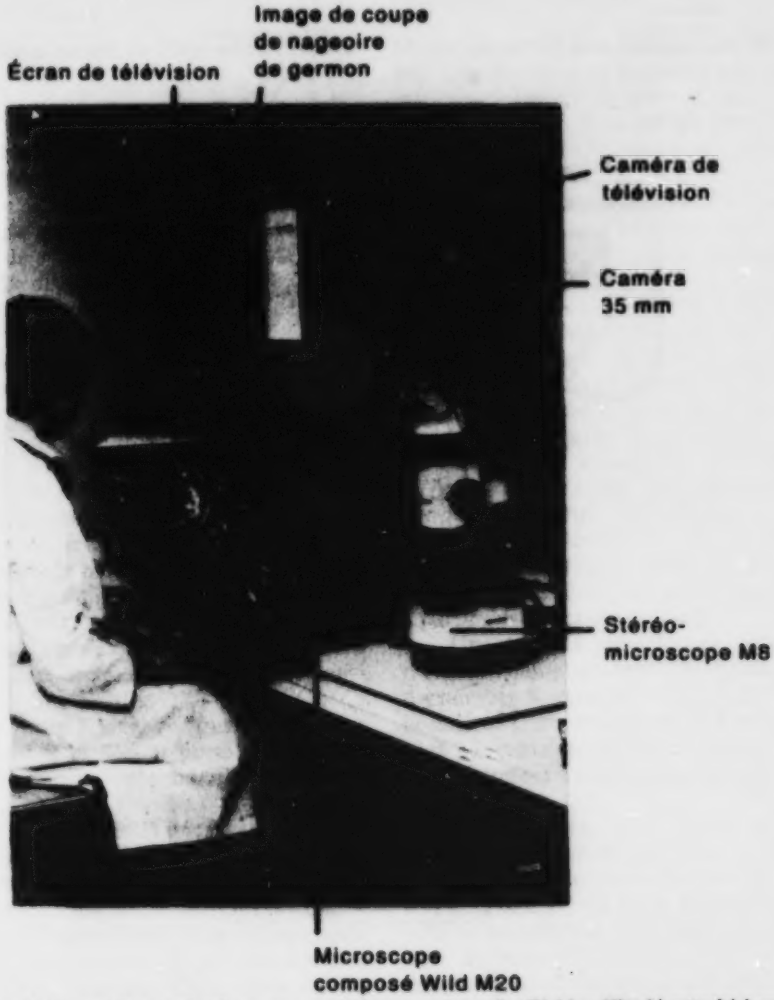


FIG. 15 Coupe de nageoire de germon projetée sur un écran de télévision Hitachi rattaché à un microscope de recherche Wild M20. Un stéréomicroscope Wild M8 équipé pour la photomicroscopie est aussi montré.

cygne et la lampe à quatre points, et les lampes autonomes constituent les sources de lumière réfléchie les plus satisfaisantes (fig. 16).

Tous nos microscopes composés et nos stéréomicroscopes sont munis ou peuvent être munis d'un troisième oculaire, qu'on peut adapter avec des bagues aux caméras de télévision ou aux appareils photographiques de 35 mm ou de type Polaroid à grand format. L'appareil de type Polaroid produit des photographies instantanées de 4 X 5 po (1 po = 25,4 mm) d'assez bonne qualité. Des pochettes de film de différents types (couleur, noir et blanc, à négatif récupérable, etc.) peuvent être commandés. Nous photographions régulièrement des spécimens pour permettre une comparaison des résultats entre les laboratoires. Une chambre noire, où nous développons les films et imprimons les photographies à montrer ou à publier, est aussi à notre disponibilité.

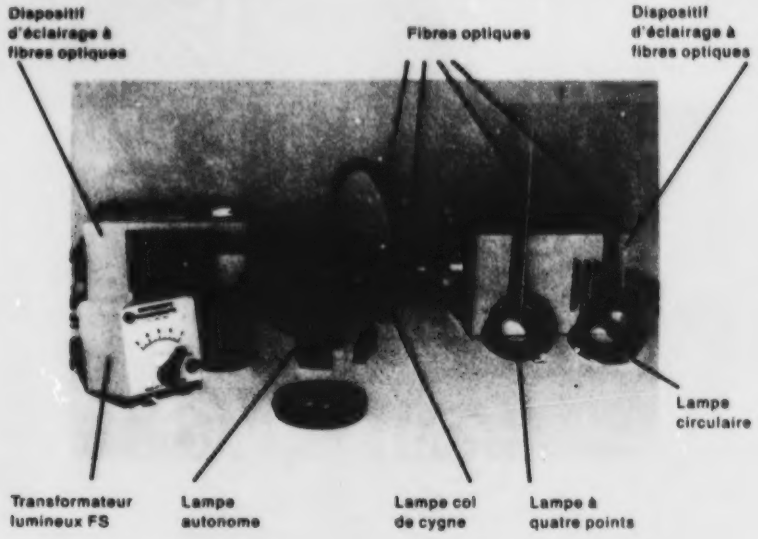


FIG. 16 Diverses sources lumineuses.

ANOPLOPOMATIDAE

MORUE CHARBONNIÈRE (*Anoplopoma fimbria*) (Beamish et Chilton 1982)

Une méthode adéquate de détermination de l'âge de la morue charbonnière, espèce d'importance commerciale depuis le début du siècle, n'a été élaborée que récemment. Les quelques rapports antérieurs sur l'âge et la croissance tendent à surestimer la croissance annuelle et à sous-estimer l'âge parce que les annuli ont été comptés sur les écailles et les surfaces d'otolithes (Pruter 1954; Heyamoto 1962; Shubnikov 1963; Kodolov 1967, 1976; Kennedy et Pletcher 1968; Webb et Lockner 1973). L'interprétation des annuli présents sur ces structures est probablement satisfaisante pour les poissons juvéniles (fig. 17A) mais, selon les résultats de récentes études d'étiquetage, la morue charbonnière atteint un âge plus avancé qu'on ne le croyait.

Par suite de l'examen de coupes minces et de moitiés d'otolithes cassées et brûlées, nous avons découvert un schème de zones alternatives de croissance sur la face interne (fig. 17B–E, 17CC). Ce schème est plus facile à identifier sur les otolithes récemment cassées et brûlées et porte à croire que les plus grosses morues charbonnières peuvent atteindre de 40 à 50 ans.

Beamish et Chilton (1982) ont prouvé les deux hypothèses suivantes à l'aide d'une étude d'étiquetage comprenant l'injection d'OTC pour le marquage des otolithes : les zones identifiées comme annuli sont formées annuellement et la croissance des otolithes est grandement réduite chez les gros poissons, plus âgés. Quoique l'interprétation des annuli semble être valide, il faut souligner que leur identification peut être difficile et que le régime de croissance peut varier selon le stock.

Les premières années de croissance sont généralement difficiles à identifier sur la partie cassée et brûlée à cause de la croissance relativement rapide de l'otolithe, les annuli indistincts et les nombreuses marques. De plus, les zones annuelles de croissance au cours des quelques premières années sont passablement larges quand on les compare à celles des années suivantes. La détermination de la largeur des trois premiers annuli peut en faciliter l'identification. Le premier annulus est formé à une certaine distance du foyer; on confirme sa position à l'aide d'un examen de poissons de 0+ ou de 1+ an, âges déterminés selon la longueur et le moment de l'échantillonnage. (La morue charbonnière fraie en février et atteint une longueur de 20 à 30 cm en 1 an). Les deuxième et troisième annuli peuvent être difficiles à identifier, mais le quatrième est généralement distinct. Il est parfois possible d'incliner la moitié brûlée sous le microscope afin d'exposer les premiers annuli sur la face extérieure. Ainsi, les annuli plus facilement visibles de la surface peuvent être suivis jusqu'à la surface cassée. À un âge plus avancé, le schème de zones alternatives de croissance se précise et se concentre sur la surface interne de l'otolithe. Il faut procéder à un fort grossissement pour examiner les otolithes d'individus à croissance très lente car les zones annuelles sont très étroites et difficiles à distinguer. À l'occasion, les zones sont tellement denses qu'il est impossible de les identifier à l'aide de techniques traditionnelles. Sur certaines des moitiés d'otolithes brûlées les plus difficiles à déchiffrer, un réseau de minuscules marques peut être présent sur le bord ventral, marques qui se réunissent pour former une zone de croissance annuelle au niveau de la sulcature. Nous recommandons donc, le cas échéant, d'évaluer l'âge à partir des zones qui croisent ce bord.

Une étude a été effectuée afin de permettre d'établir l'emplacement du premier annulus et d'examiner le cycle vital initial de la morue charbonnière. L'impression sur acétate s'est révélée la plus adéquate parmi les méthodes mises à l'essai pour délimiter les additions quotidiennes (Pannella 1971, 1973).

L'otolithe est fixée à une surface unie telle qu'un porte-objet de MEB ou une lame de microscope, à l'aide de colle sensible à la chaleur de type Crystalband. Après avoir légèrement égrisé le côté interne ou concave, on enlève l'otolithe en chauffant doucement la colle ou la résine époxy pour ensuite la retourner sur le côté plat interne. On utilise de préférence le côté externe pour l'impression parce que la sulcature ou la rainure du nerf auditif sur le côté interne obstrue la vue du foyer. On égrise l'otolithe à l'aide de papier à gros grains pour l'affûtage de couteaux de microtome jusqu'à ce que le foyer soit visible sur la surface plate, laquelle est ensuite polie à l'aide de papier à grains fins puis d'une pâte à polir. L'otolithe est alors gravée au HCl à 2 %, de 1 à 10 min selon son épaisseur et sa fragilité. Quelques zones de croissance présentes sur le bord peuvent disparaître au cours de l'égrisage et de la gravure à l'acide. En prenant soin d'enlever toutes les bulles d'air, on applique sur la surface propre et sèche de l'otolithe une étroite bande d'acétate, que l'on a trempée dans l'acétone pendant 2 ou 3 s. Quand elle est sèche, la bande est décollée de l'otolithe et placée entre deux lames de

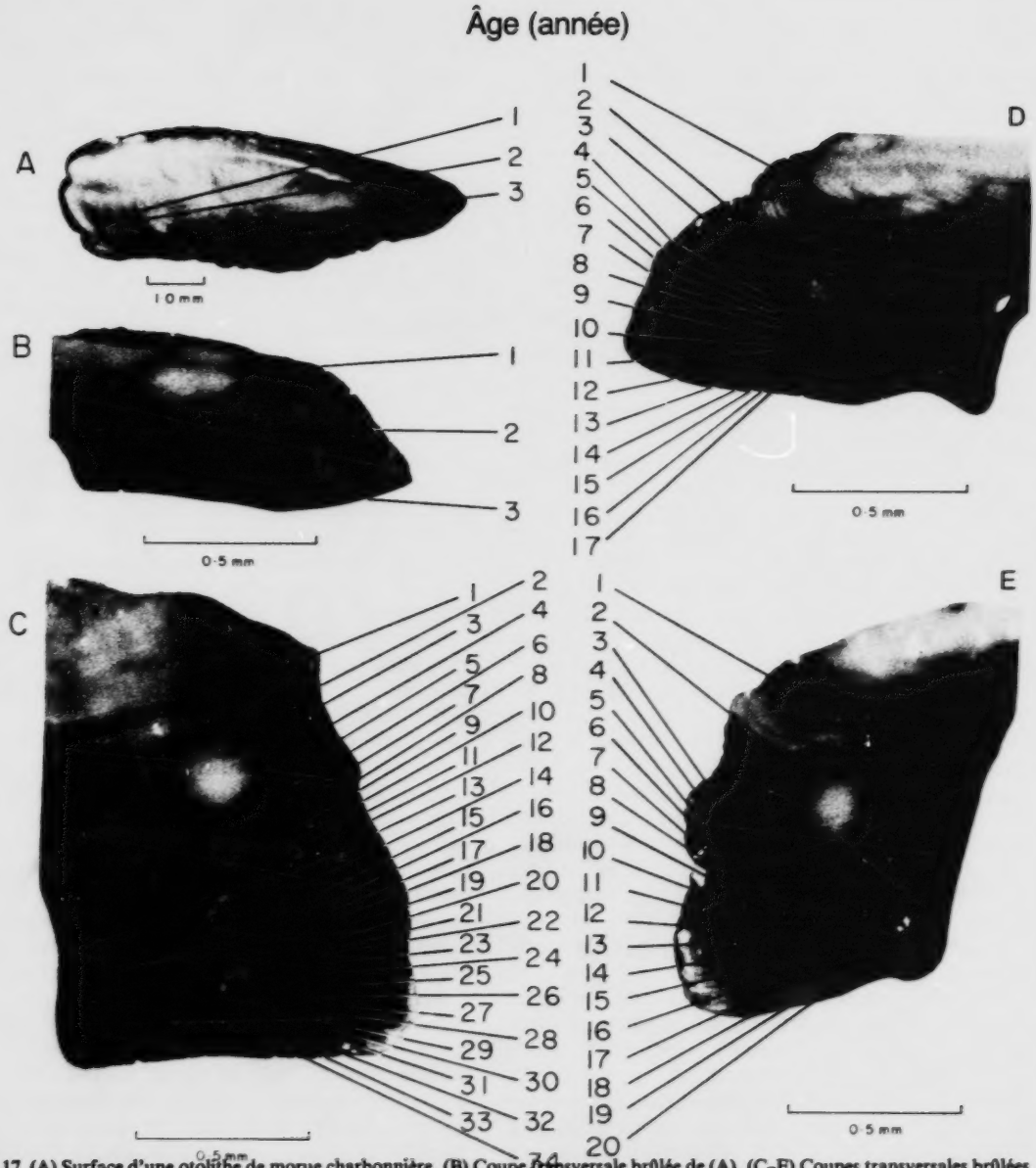


FIG. 17 (A) Surface d'une otolithe de morue charbonnière. (B) Coupe transversale brûlée de (A). (C–E) Coupes transversales brûlées d'otolithes de morues charbonnières âgées. (C) Coupe normale d'otolithe de morue charbonnière très âgée; (D) d'un poisson à croissance lente; et (E) d'une morue charbonnière à croissance rapide dont l'âge est facile à déterminer. (CC) Agrandissement partiel de la fig. 17C montrant les annuli d'une coupe de l'otolithe brûlée d'une morue charbonnière âgée.

CC

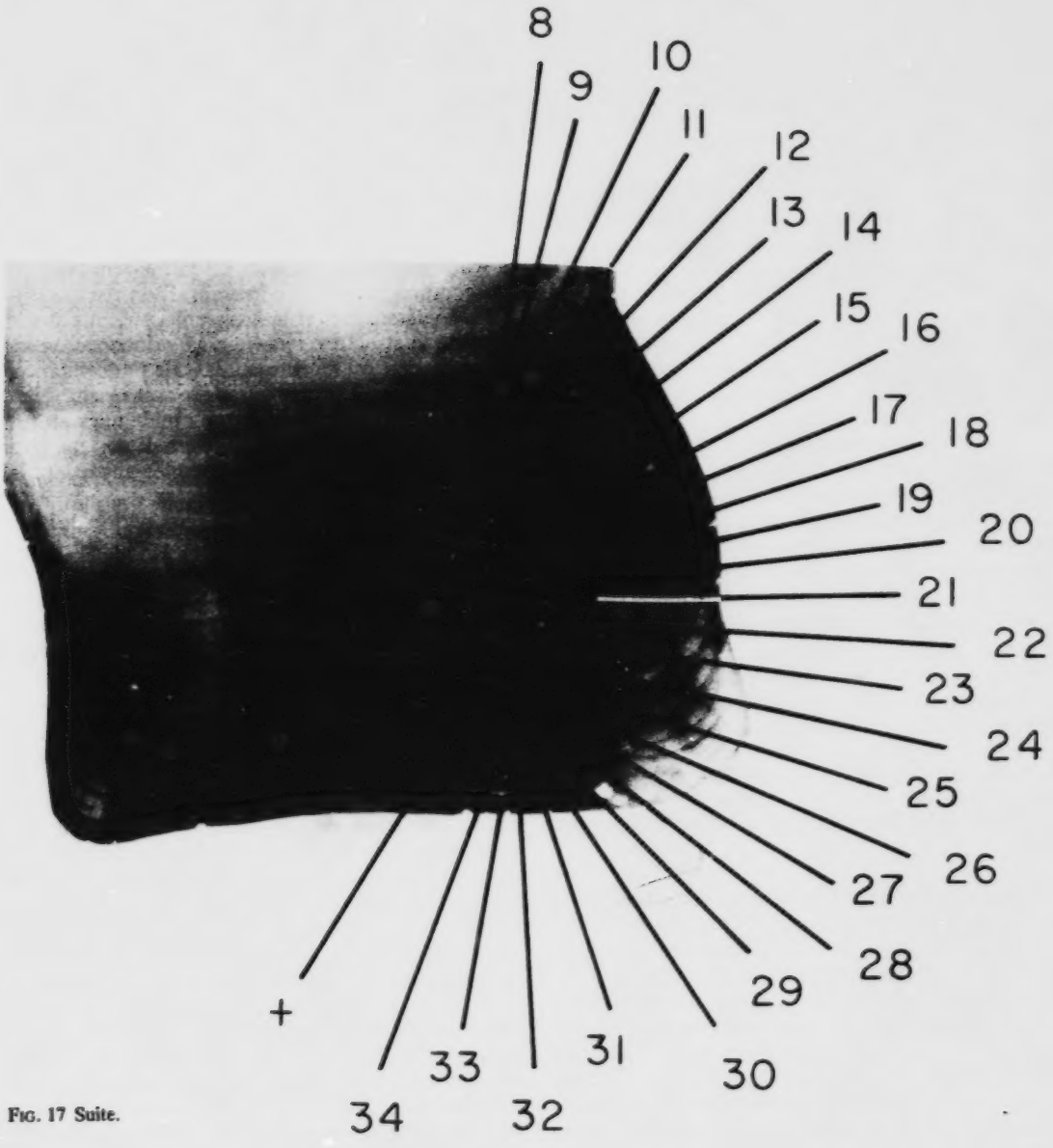


FIG. 17 Suite.

microscope. L'examen et la photographie sont effectués à l'aide d'un microscope composé, équipé d'une appareil photographique de 35 mm.

Il semble que les additions quotidiennes soient déposées en couches concentriques distinctes pendant les 50 premiers jours. Selon Brothers *et al.* (1970), elles apparaissent après la résorption du vitellus; il est donc possible que le premier anneau observé soit formé au début de l'alimentation. Parce que le schème est constant, nous croyons que les larves de morue charbonnière restent pendant toute cette période à la profondeur où elles éclosent, soit environ 500 m. Au cours des 100 jours suivants, une zone d'anneaux incomplets et groupés apparaît; cela représente probablement la période où la larve remonte vers la surface.

La clarté des anneaux s'améliore entre la 100e et la 300e journées, indiquant peut-être que les jeunes morues charbonnières s'installent graduellement dans les eaux superficielles. Des juvéniles (de 5 à 15 cm de longueur) ont été signalés dans les eaux de la surface du bassin Reine-Charlotte, en août (Beamish et Chilton 1982).

Les anneaux annuels imprimés sur la bande d'acétate apparaissent comme une seule bande ou une série de bandes foncées très distinctes. Après 275 à 300 additions quotidiennes, le premier annulus est formé. Étant donné que les larves de morue charbonnière éclosent tôt le printemps, la zone identifiée comme le premier annulus (fig. 17A, 17B) semble être le premier vrai annulus.

GADIDAE

Morue du Pacifique (morue grise) (*Gadus macrocephalus*)

(Kennedy 1970; Beamish 1981; Foucher et Fournier 1982)

Au début, l'âge et le taux de croissance de la morue du Pacifique étaient déterminés à l'aide des fréquences de longueur et des données recueillies au cours d'études d'étiquetage (Ketchen 1961, 1964). Selon Ketchen (1970), les otolithes des morues du Pacifique peuplant les eaux canadiennes sont peu utiles. Dans notre laboratoire, nous avons découvert que, même si certaines moitiés d'otolithes brûlées présentent un schème annuel de zones de croissance, elles sont plus difficiles à déchiffrer que les coupes de rayons de nageoire ou les écailles. Après la description d'un critère pour l'identification des annuli présents sur les écailles de cette espèce (Kennedy 1970), on procéda à l'étude régulière des écailles pour la détermination de l'âge. On a toutefois cessé d'utiliser cette méthode en 1978 en attendant que les résultats recueillis puissent être validés ou qu'une méthode plus rapide puisse être élaborée. L'exactitude de l'examen d'écailles des poissons âgés a été mise en doute parce que les marques sont plus fréquentes sur les écailles des poissons à croissance plus rapide. Les circuli sont plus espacés et tout arrêt de la croissance apparaît comme une marque difficile à distinguer d'un annulus.

L'annulus (ou marque hivernale) présent sur les écailles des morues du Pacifique âgées, capturées dans certaines régions, n'est pas complet avant la fin du printemps et les nouveaux dépôts n'apparaissent que tard pendant la saison de croissance. Chez les poissons plus jeunes, la nouvelle croissance se manifeste sur les écailles jusqu'à 6 sem plus tôt (observation personnelle inédite). Il est parfois difficile de déterminer si la croissance présente sur le bord de la structure recueillie au printemps ou au début de l'été est récente ou date de l'année précédente. Il est tout probable qu'elle soit récente chez les jeunes poissons à croissance rapide mais au fur et à mesure que le poisson vieillit, il devient plus malaisé de déterminer à quelle année appartient la minuscule quantité de dépôt.

Parce que la méthode de détermination de l'âge à l'aide d'écailles est difficile à appliquer, nous avons étudié l'utilité des coupes de rayons de nageoire. Les rayons de la deuxième nageoire dorsale et des nageoires pectorales se sont avérées adéquats pour la détermination de l'âge de la morue du Pacifique. L'utilisation de la deuxième nageoire dorsale a cependant posé un certain problème technique en devenant tordue et en ne séchant pas à plat dans l'enveloppe, ce qui rend difficiles le montage et la coupe des rayons. Les coupes sont alors de qualité inférieure et il est difficile de différencier entre les annuli et les marques. L'examen des écailles et celui des coupes de rayons de nageoire donnent des âges semblables pendant les premières années (fig. 18A–D), mais cette dernière méthode est plus fiable pour les poissons âgés.

Nous faisons présentement des expériences avec une combinaison de techniques. Il semble que les fréquences de longueur puissent constituer une bonne méthode pour évaluer l'âge des jeunes poissons car l'espèce croît très rapidement. En fin de compte, un mélange judicieux des âges déterminés à l'aide d'écailles et de coupes de rayons de nageoire et une analyse informatisée des fréquences de longueur constitueront peut-être la façon la plus efficace pour déterminer l'âge de la morue du Pacifique vivant dans les eaux canadiennes.

MERLU DU PACIFIQUE (*Merluccius productus*)
(Dark 1975; Beamish 1979a)

Par le passé, la détermination de l'âge du merlu du Pacifique à partir de la surface des otolithes entières était considérée comme satisfaisante. De récentes études réalisées par Beamish (1979a) ont toutefois prouvé que les âges déterminés à l'aide des otolithes plus vieilles et plus épaisses et d'otolithes recueillies de certains stocks sont sous-estimés quand ils sont établis à partir de la surface externe (fig. 19A–H). Chez un grand nombre de poissons âgés, il est difficile, sinon impossible, de déceler toutes les zones de croissance quand on observe l'otolithe entière parce que les schèmes de croissance distincts ne se forment que sur la surface interne (fig. 20A–F). La détermination de l'âge du merlu à l'aide de la surface de l'otolithe est utile pour les jeunes spécimens et la méthode décrite par Dark (1975) semble sûre pour la majorité des poissons qui font l'objet de la pêche hauturière. Par contre, elle ne convient pas pour ceux du détroit de Géorgie, dont la croissance est lente, ni pour ceux qui vivent dans la zone canadienne au large de la côte ouest de l'île Vancouver. Du fait que le déchiffrage de la surface de l'otolithe devient incertain à un âge différent, on doit toujours comparer les données obtenues à l'aide de coupes et de surfaces. Nous coupons ou cassons et brûlons systématiquement toutes les otolithes de merlu car la population du détroit de Géorgie se compose d'individus plus vieux, à croissance lente, et les merlus vivant au large de la côte ouest de l'île Vancouver sont plus gros et plus âgés. Il est donc difficile de déterminer l'âge des poissons de ces deux groupes à l'aide de surfaces d'otolithes.

Les coupes sont préparées et montées selon les directives déjà énoncées. On détermine l'âge à l'aide d'un microscope composé, équipé d'oculaires 10X et d'un objectif 4X. Les objectifs à plus forts grossissements (10X et 20X) permettent de résoudre tout problème d'interprétation de la présence ou de l'absence de nouvelle croissance ou d'identification des annuli individuels entassés sur le bord de l'otolithe. Un grossissement supérieur peut aussi être utile pour étudier les coupes floues qui possèdent de nombreuses zones (fig. 21A–C, 22A–B). Un meilleur contraste peut être obtenu à l'aide d'objectifs à contraste de phase ou en penchant la lame légèrement sur la platine du microscope.

Avant de déterminer l'âge des merlus à l'aide de coupes d'otolithes, le lecteur doit être capable d'identifier correctement les trois premiers annuli et la présence ou l'absence d'un nouveau dépôt opaque sur le bord de l'otolithe. Les trois premières zones de croissance annuelle, où les annuli peuvent être embrouillés à cause de la présence de nombreuses marques de fraie, sont beaucoup plus larges que les zones subséquentes. Il est préférable de bien connaître le schème de croissance des annuli sur les otolithes de jeunes merlus (immatures). Le lecteur doit aussi se familiariser avec le rétrécissement des zones de croissance annuelle et la variation de la largeur relative des zones opaques et translucides à mesure que le poisson vieillit. Un exemple de ce problème est présenté à la fig. 23 (et à la fig. 9A à partir de laquelle la fig. 23 a été dessinée). Quand on examine les coupes, il est utile de comparer les positions relatives du foyer et des annuli avec la surface des otolithes des jeunes poissons.

La détermination de la présence ou de l'absence d'une nouvelle croissance sur le bord de la coupe peut constituer un problème si les dépôts ne sont pas visibles sur toutes les surfaces de l'otolithe. Une nouvelle croissance se manifeste souvent sur le bord ventral de la coupe. Si le lecteur croit qu'il peut y en avoir une (vu la date d'échantillonnage), il devrait soigneusement examiner le bord externe de la coupe à un grossissement supérieur. Il est aussi utile d'étudier le pourtour de la surface.

En résumé, l'âge d'un merlu du Pacifique sera souvent établi par plusieurs observations recueillies sur une surface ou une coupe d'otolithe ou sur une otolithe cassée et brûlée. Quand l'âge est déterminé à l'aide d'une coupe, il est probable qu'il soit nécessaire de compter les annuli à plus d'un endroit ou d'utiliser plus d'une coupe de la même otolithe. De récentes études portent à croire que la technique utilisant les otolithes cassées et brûlées révèle des zones de croissance d'une clarté égale ou supérieure à celle obtenue par la coupe et elle a aussi l'avantage de nécessiter moins d'effort et de temps; toutefois, l'autre méthode est recommandée pour les otolithes difficiles à déchiffrer ou celles de très vieux poissons.

MORUE DU PACIFIQUE OCCIDENTAL (*Theragra chalcogramma*)
(La Lanne 1975; Beamish 1981)

Les écailles (Ogata 1956) et les otolithes (La Lanne 1975) ont été utilisées pendant plusieurs années pour déterminer l'âge de la morue du Pacifique occidental. Toutefois, par suite de l'étude des rayons de différentes nageoires, nous avons découvert dans notre laboratoire que les coupes des rayons de la nageoire pectorale étaient les plus utiles à cause de la clarté des annuli (fig. 24A–D).

Nous avons étudié des otolithes et des écailles, mais celles-ci étaient difficiles à déchiffrer chez les poissons plus âgés, à cause des circuli entassés, des

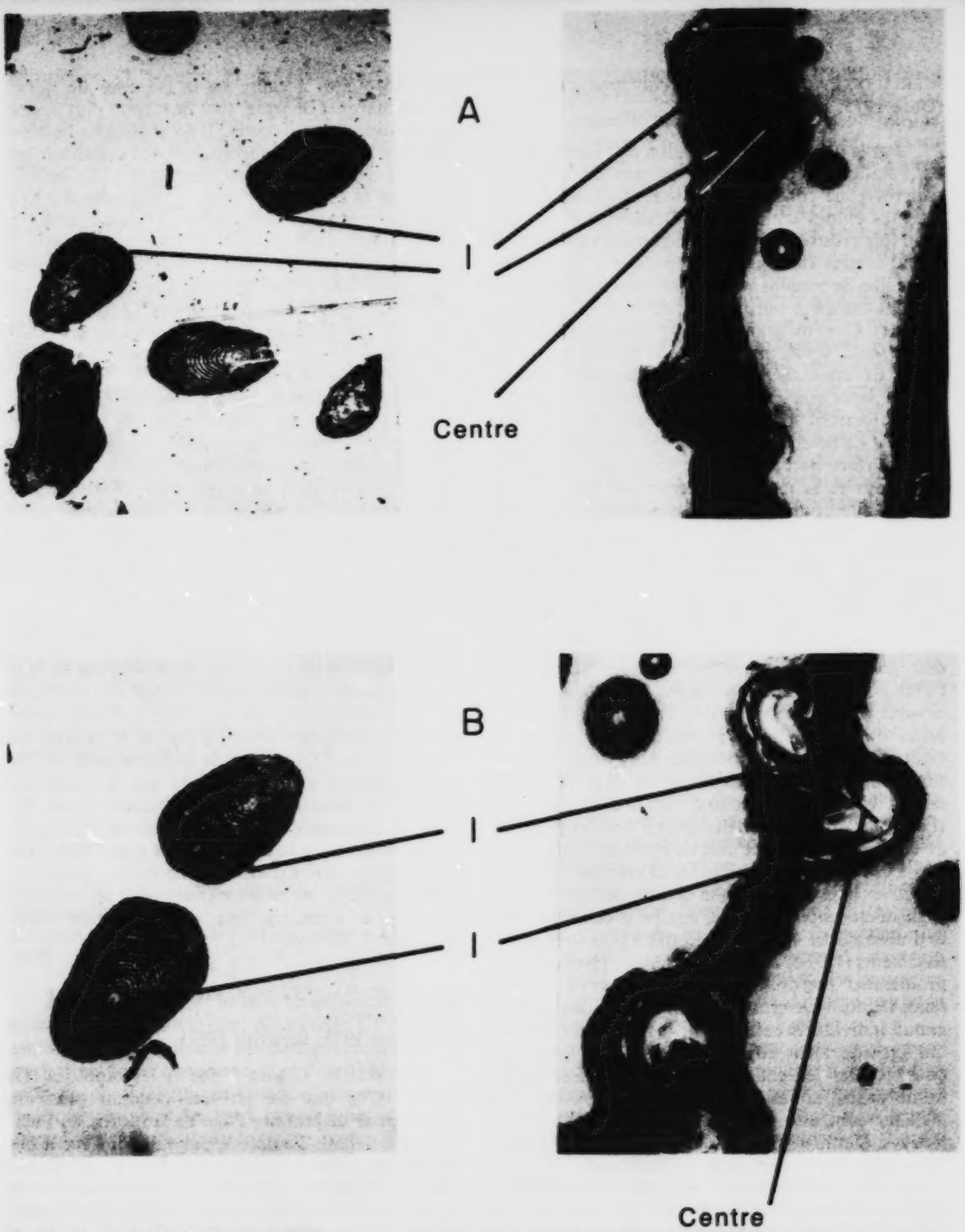
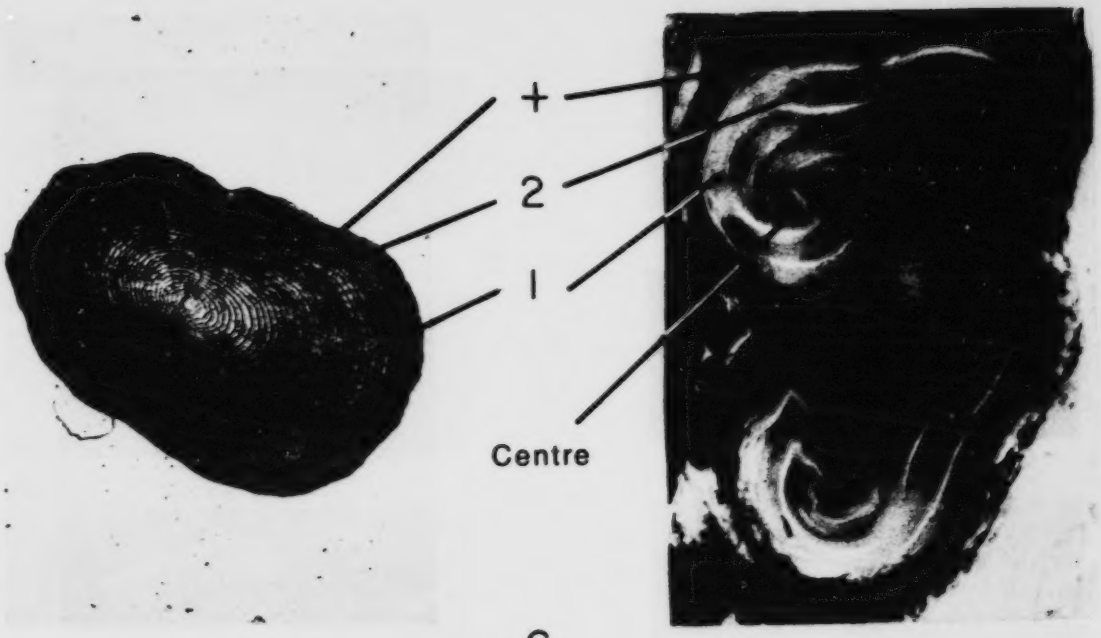
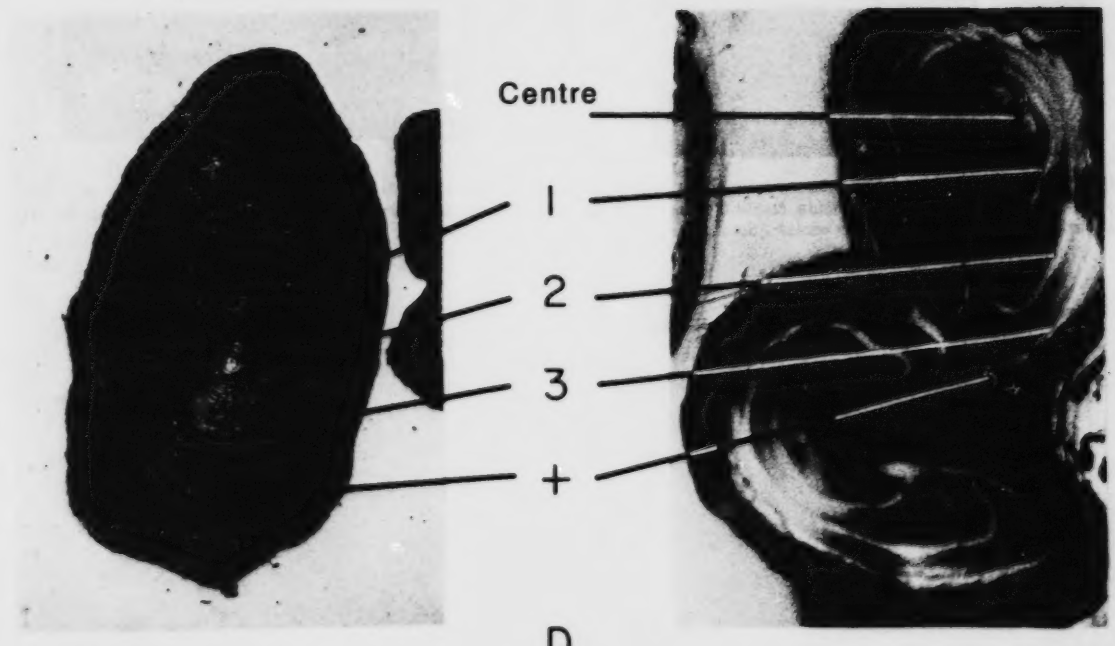


FIG. 18 Comparaison des écailles et des coupes de rayons de nageoire de morue du Pacifique. Les âges lus sur ces deux structures sont semblables pour les premières années. (A) Poisson de 12 cm âgé de 1 an et capturé en février. (B) Poisson de 22 cm âgé de 1 an et capturé en février. (C) Poisson de 45 cm âgé de 2 (2+) ans et capturé en octobre. (D) Poisson de 52 cm âgé de 3 (3+) ans et capturé en octobre.



C



D

FIG. 18 Suite.

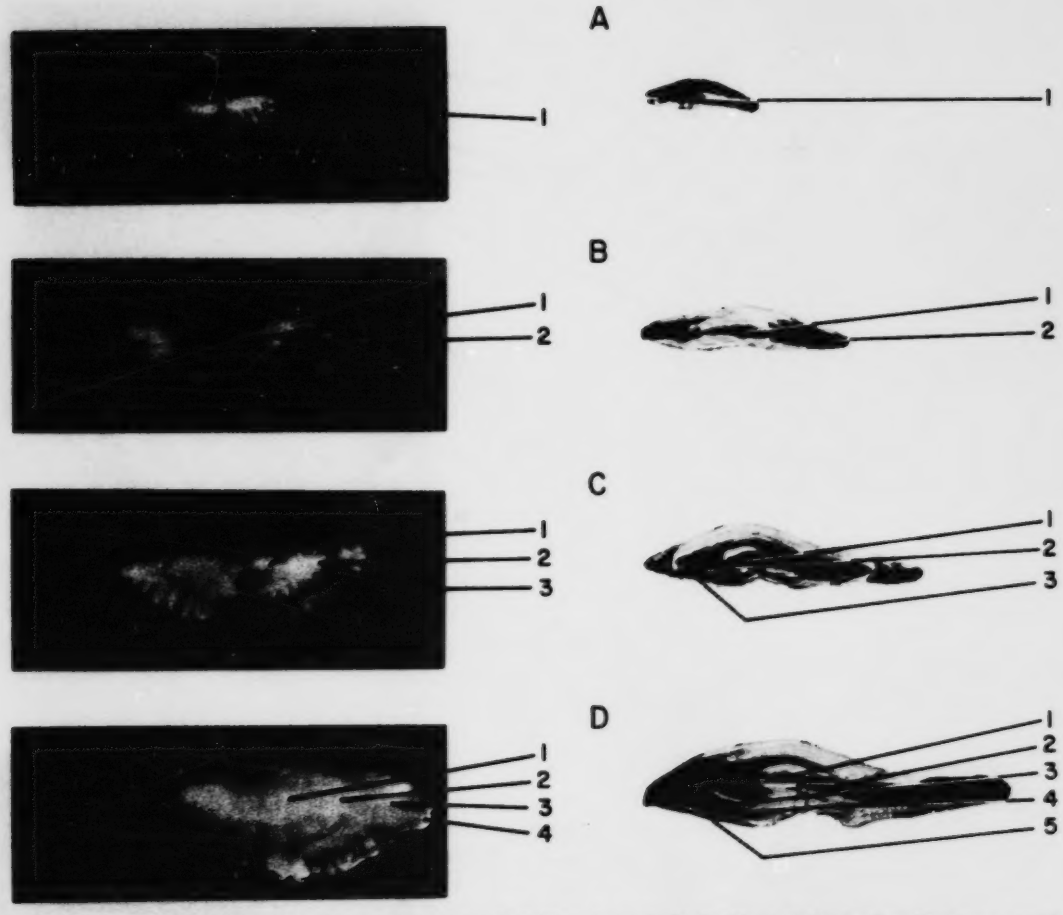


FIG. 19 (A–D) Une comparaison des surfaces et des coupes d'otolithes de merlu du Pacifique révèle des âges identiques pour les premières années et des âges supérieurs, établis d'après les coupes, pour les poissons plus vieux. (E–H) Sous-estimation de l'âge établi à partir de la surface des otolithes épaisses des merlus âgés.

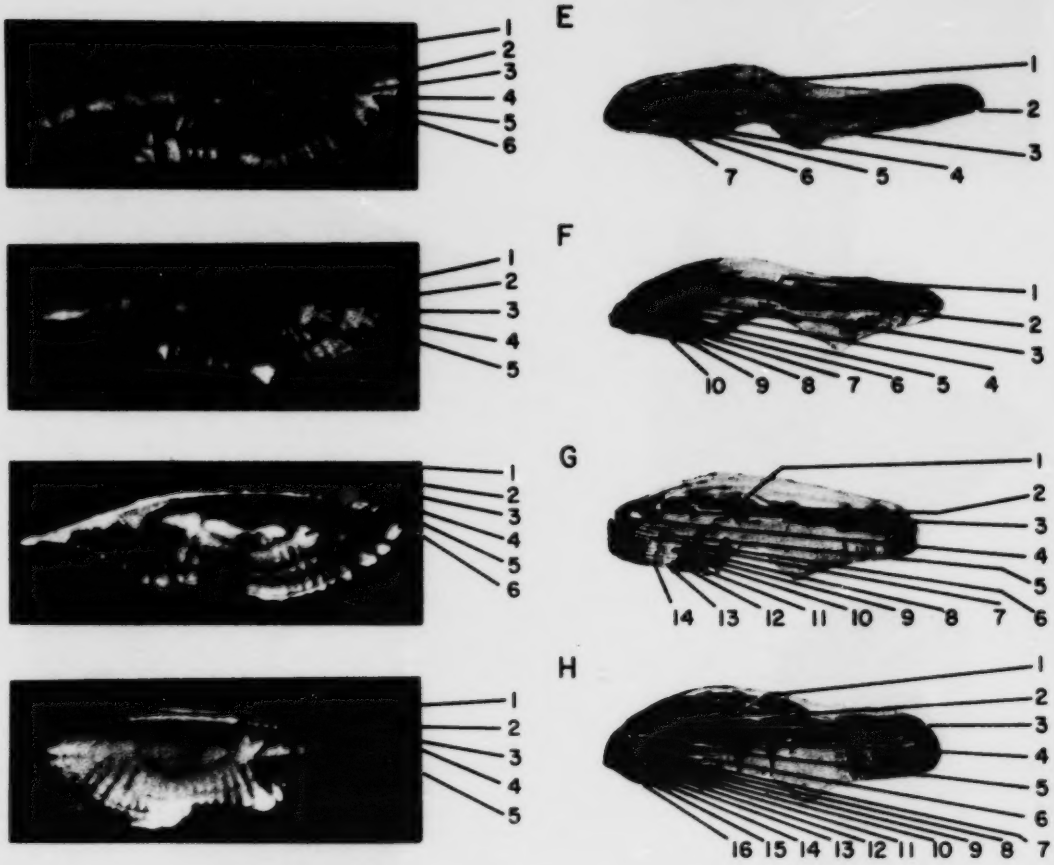


FIG. 19 Suite.

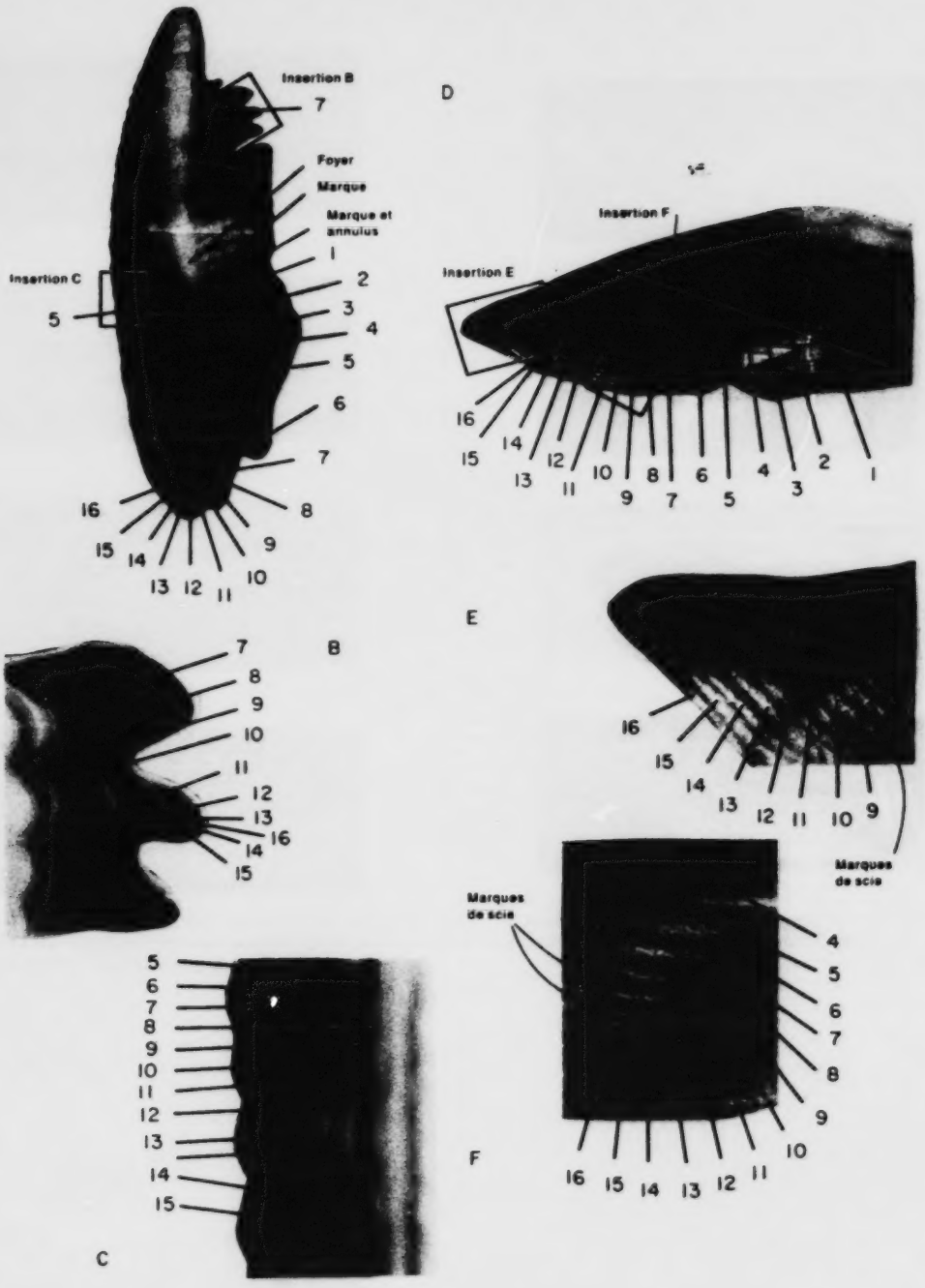


Fig. 20 (A–C) Surface de l'otolithe d'un merlu du Pacifique de 16 ans et agrandissements des bords. Si, à (C), on compte la zone foncée entre le septième et le huitième annuli, on obtiendra 16 ans dans la zone de dénombrement indiquée (voir flèches). (D–F) Coupe mince de la même otolithe et agrandissements des zones de dénombrement dont (F) est la meilleure.

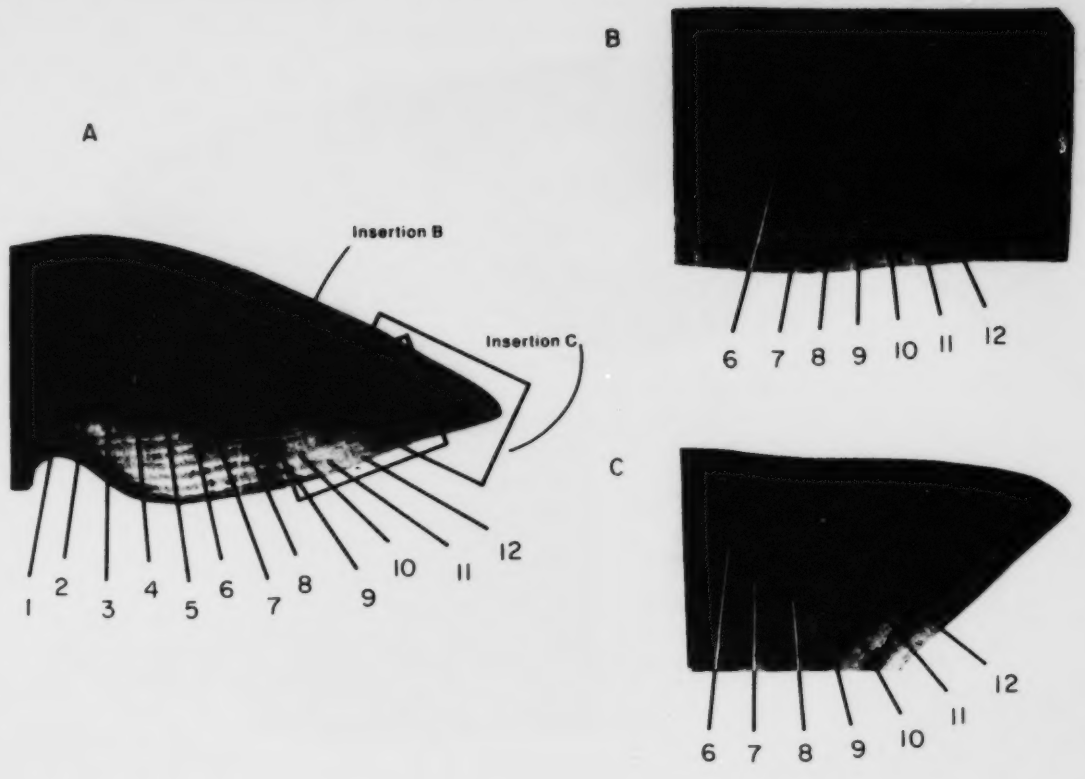


FIG. 21 (A–C) Un fort grossissement aide à déchiffrer le bord d'une coupe d'otolithe de merlu du Pacifique, où il est difficile d'identifier la présence d'une nouvelle croissance. Parce que le poisson a été capturé en juillet, le lecteur doit soupçonner la présence d'une nouvelle croissance et doit donc étudier le bord de toute l'otolithe. Le présent échantillon, où il y a un peu de croissance estivale, souligne l'importance d'utiliser deux méthodes de détermination de l'âge.

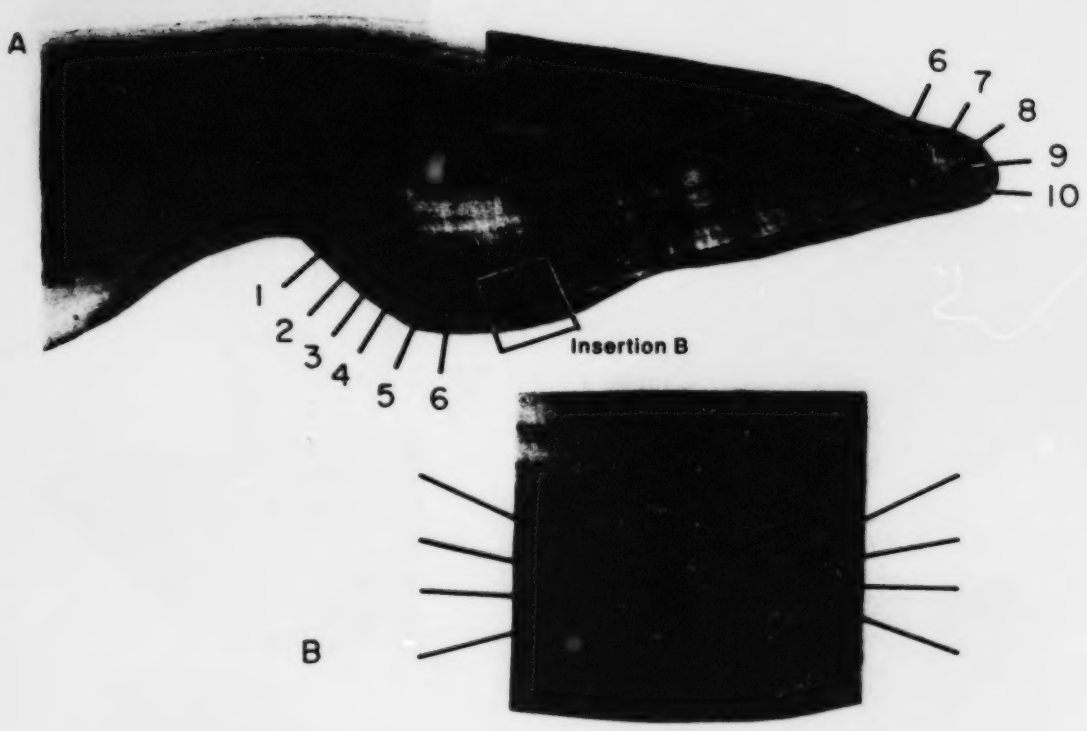


FIG. 22 (A) Sur cette coupe d'otolithe de merlu du Pacifique difficile à déchiffrer, les années comptées après la 6e sont incertaines car le restant du schème de croissance n'est pas clair. (B) Les flèches indiquent les nombreuses petites zones et les marques qui rendent difficile la détermination d'une zone annuelle.

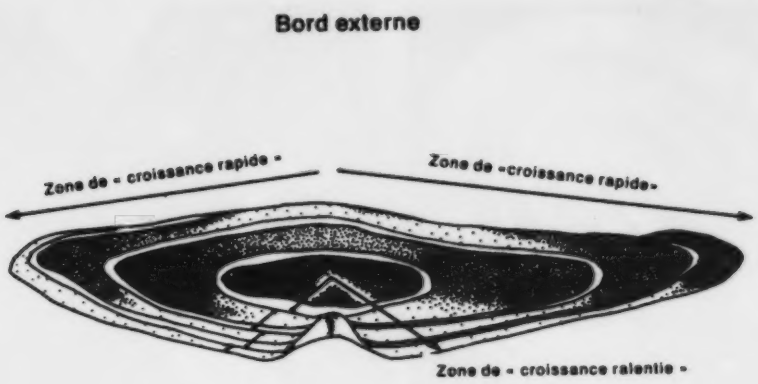


FIG. 23 Le dessin représente les quatre premières zones de croissance annuelle d'une otolithe de merlu du Pacifique. La zone de croissance ralentie est préférable pour la détermination de l'âge. Les points de cette zone réunis par un trait représentent 1 an de croissance. NOTE : Après la 2^{e} et jusqu'à la 5^{e} a, le contraste entre la croissance estivale et hivernale diminue et prudence est donc de mise quand on identifie une zone annuelle. Ce dessin se base sur la fig. 9A.

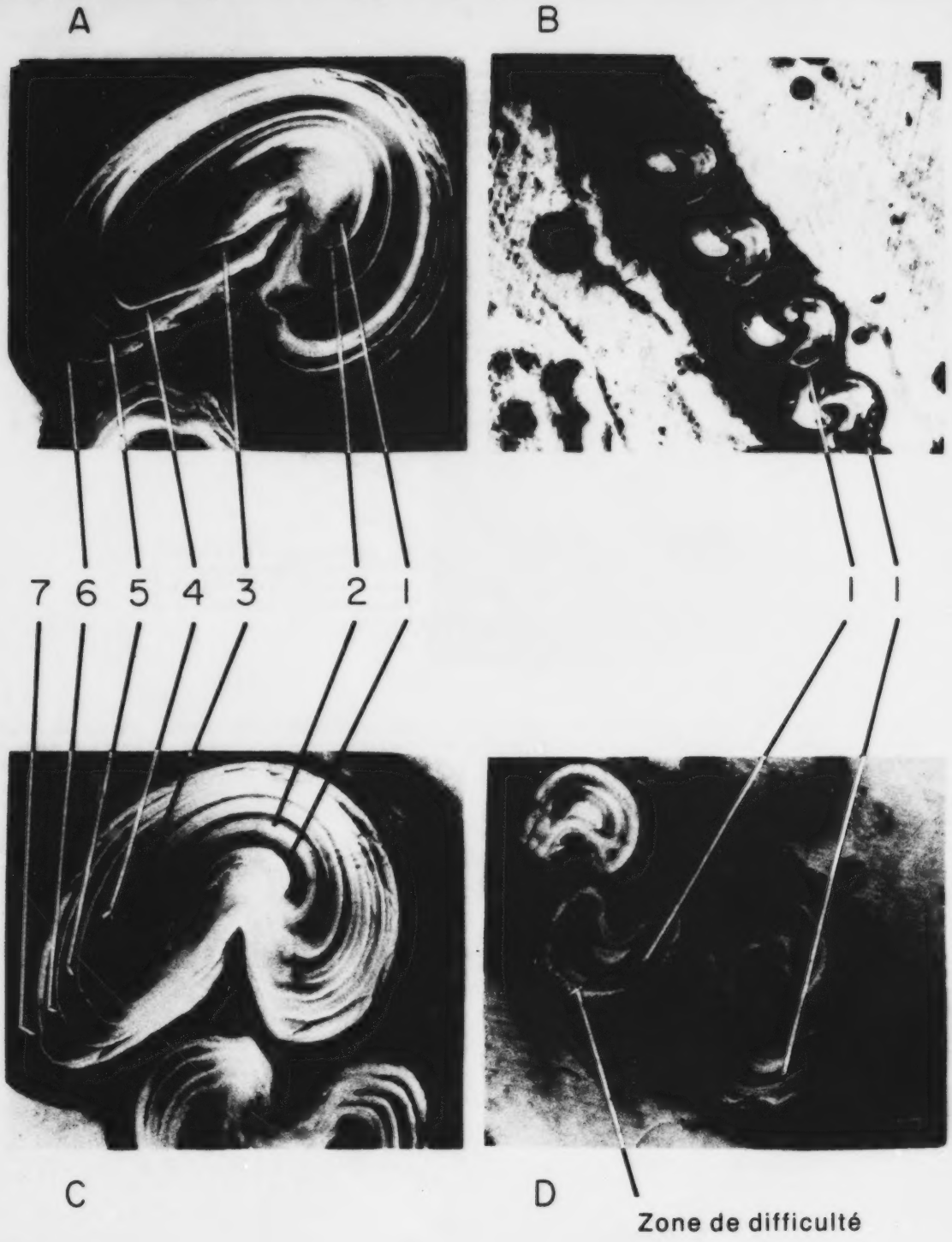


FIG. 24 (A–D) Annuli de rayons de nageoire pectorale de morue du Pacifique occidental. (D) fait voir une zone difficile à interpréter.

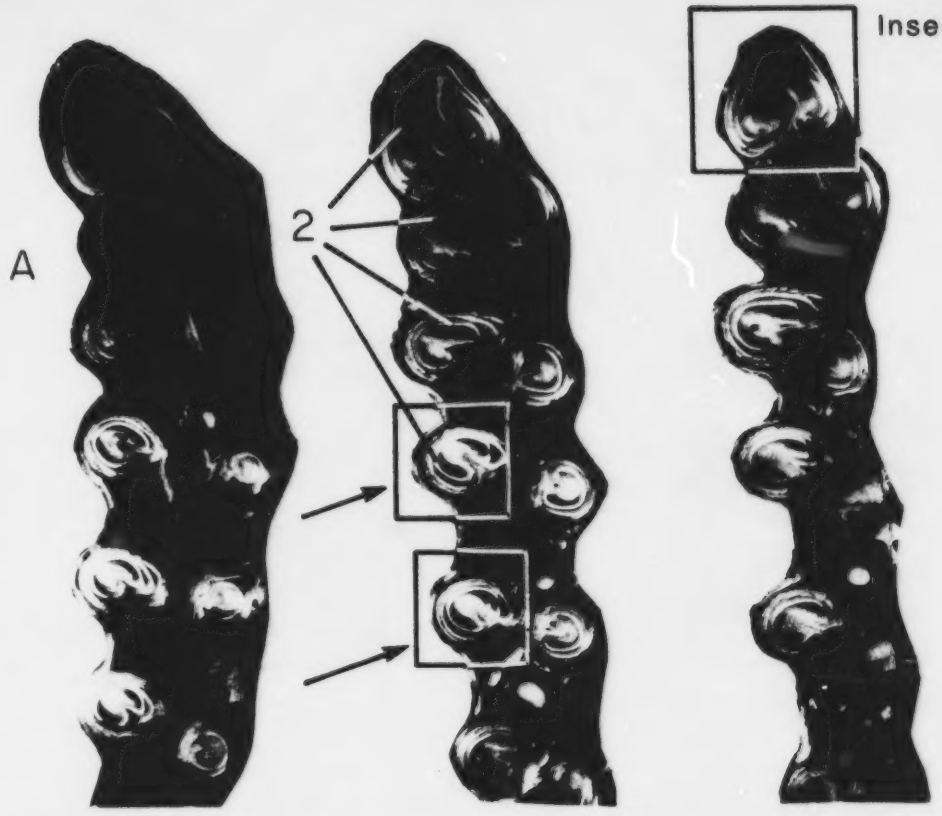


FIG. 25 Les trois coupes d'un rayon de nageoire de morue du Pacifique occidental mettent en évidence les différents schèmes de croissance de chaque rayon. (A) Les flèches indiquent les rayons à étudier pour l'identification des annuli indistincts. Notez la différence de taille et de forme du 2^{e} annulus des quatre premiers rayons. (B) La condition du bord est plus facile à déterminer sur le premier rayon (voir flèches). La couleur est un facteur important pour différencier la croissance osseuse du tissu mou séché autour du rayon.

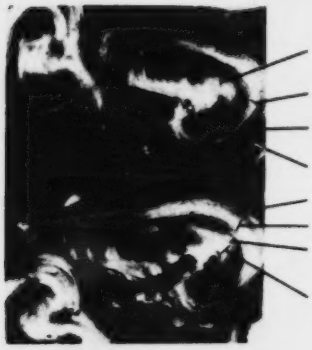


FIG. 26 Distorsion de l'espacement des annuli dans une coupe oblique de rayon de nageoire. Les traits indiquent les zones translucides brouillées trop indéterminées pour être identifiées comme annuli.

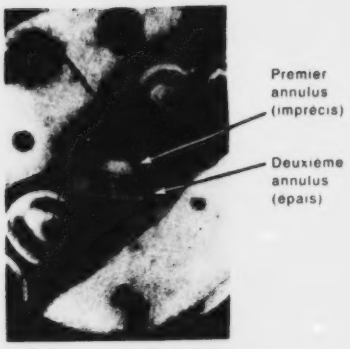


FIG. 27 Premier annulus difficile à déterminer pour un lecteur novice.

annuli indistincts et des marques, tandis que les annuli obscurcis rendent la plupart des otolithes inadéquates. Kasahara (1961) et Ishida (1954) signalent des problèmes semblables pour les otolithes des morues du Pacifique occidental supérieures à 35 cm.

La technique de la préparation et de la coupe des nageoires est à peu près la même que pour les autres espèces. Il faut retirer la nageoire séchée de l'enveloppe, puis couper les rayons et la peau excédentaires avec des ciseaux pour ne laisser que 7 à 10 rayons. Après le montage, plusieurs coupes sont effectuées à une distance d'environ 0,6 à 1,0 mm de la base. La distance entre la coupe et la base de la nageoire est importante. Les coupes faites à la base possèdent des schèmes de croissance très déformés, tandis que le premier annulus sera peut-être absent des coupes effectuées trop loin de la base. Il est donc important de réaliser au moins trois coupes (fig. 25 A et B), dont la première en travers de la base afin d'orienter le lecteur qui saura ainsi que les deux autres ont été effectuées aussi près que possible de la base. En général, ces dernières sont plus faciles à lire. On laisse les coupes sécher à l'air pendant une nuit pour ensuite les coller à une lame de microscope à l'aide de Flo-texx. Les coupes montées de cette façon sont encore assez claires, 4 ans plus tard, pour permettre la détermination de l'âge.

Comme chez les autres espèces, les difficultés de préparation causent souvent des problèmes à l'interprétation des rayons. Si les coupes sont trop épaisses ou trop minces, on n'obtiendra pas le contraste maximal entre les zones de croissance. Les coupes obliques exagèrent l'espacement entre les annuli dans certaines parties du rayon mais les concentrent ailleurs, et le contraste est souvent diminué (fig. 26).

Sous lumière transmise, les larges zones opaques de croissance estivale sont foncées tandis que les étroites zones translucides de croissance hivernale sont claires. La largeur de la zone opaque diminue après les premières années. Le centre du rayon apparaît comme une petite zone oblongue et translucide, en forme de croissant (fig. 24C).

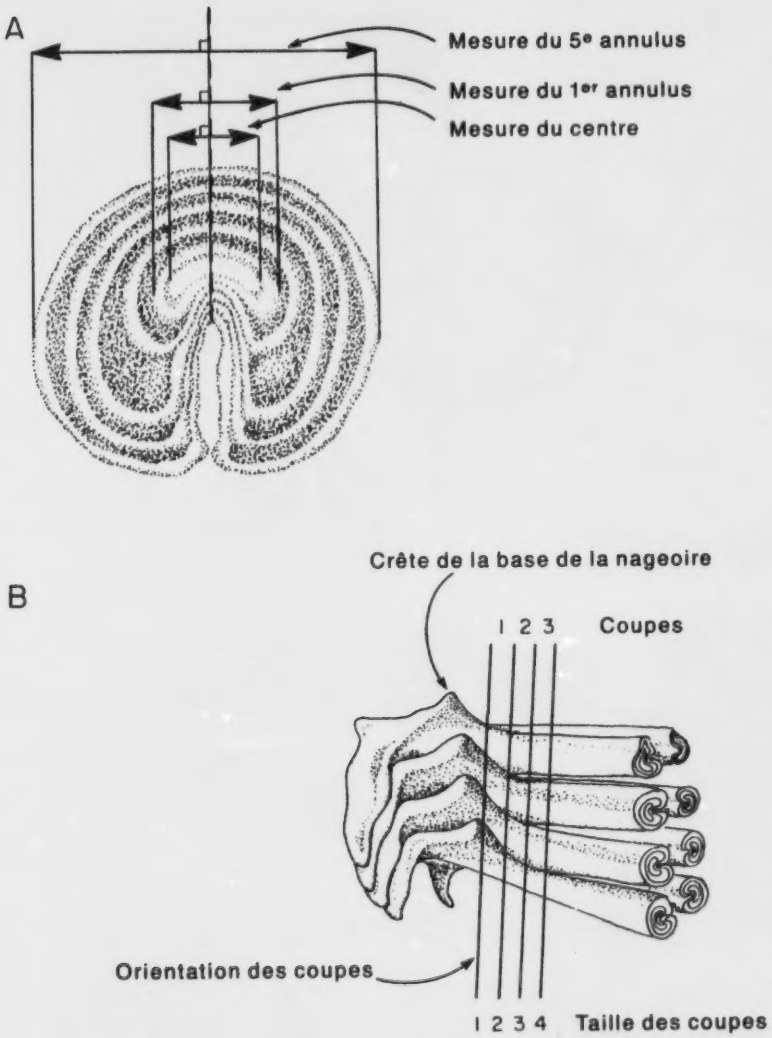


FIG. 28 (A) Méthode d'estimation de la largeur des annuli présents sur une coupe-type de rayon de nageoire. (B) Rayon de nageoire de morue du Pacifique occidental : la distance entre la coupe et la base de la nageoire est importante. Les coupes effectuées à la base (1) sont très déformées et avertissent simplement que les deux suivantes (2 et 3) ont été faites le plus près possible de la base.

L'identification du premier annulus (fig. 27) constitue un problème à l'application de cette méthode. Nous recommandons de prélever des juvéniles du stock dont on veut déterminer l'âge, afin de mesurer la largeur du centre et les premier et deuxième annuli. Ces mesures sont utiles si le premier annulus est indistinct et que la grande zone translucide suivante semble être le deuxième annulus. Dans ce cas, la distance jusqu'au deuxième annulus évident sera beaucoup plus élevée que celle observée pour le premier annulus. Il est important que le lecteur inexpérimenté mesure les diamètres des annuli (fig. 28A) des 3e au 5e rayons de la deuxième coupe à partir de la base (fig. 25A). Chaque rayon de nageoire se compose de deux structures osseuses (fig. 28B) et les mesures devraient se faire sur la plus grosse car le schème de croissance y est plus facile à identifier.

FIG. 29 (A,B) Écailles et rayons de nageoire de morue-lingue montrant que les écailles ne sont pas sûres pour les poissons plus âgés. Les poissons n^{os} 277, 249, 246 et 242 ont été capturés à la fin d'octobre et mesurent respectivement 23, 33, 50 et 69 cm. Les poissons n^{os} 36, 41 et 49 ont été capturés en juin et mesurent respectivement 97, 103 et 115 cm.

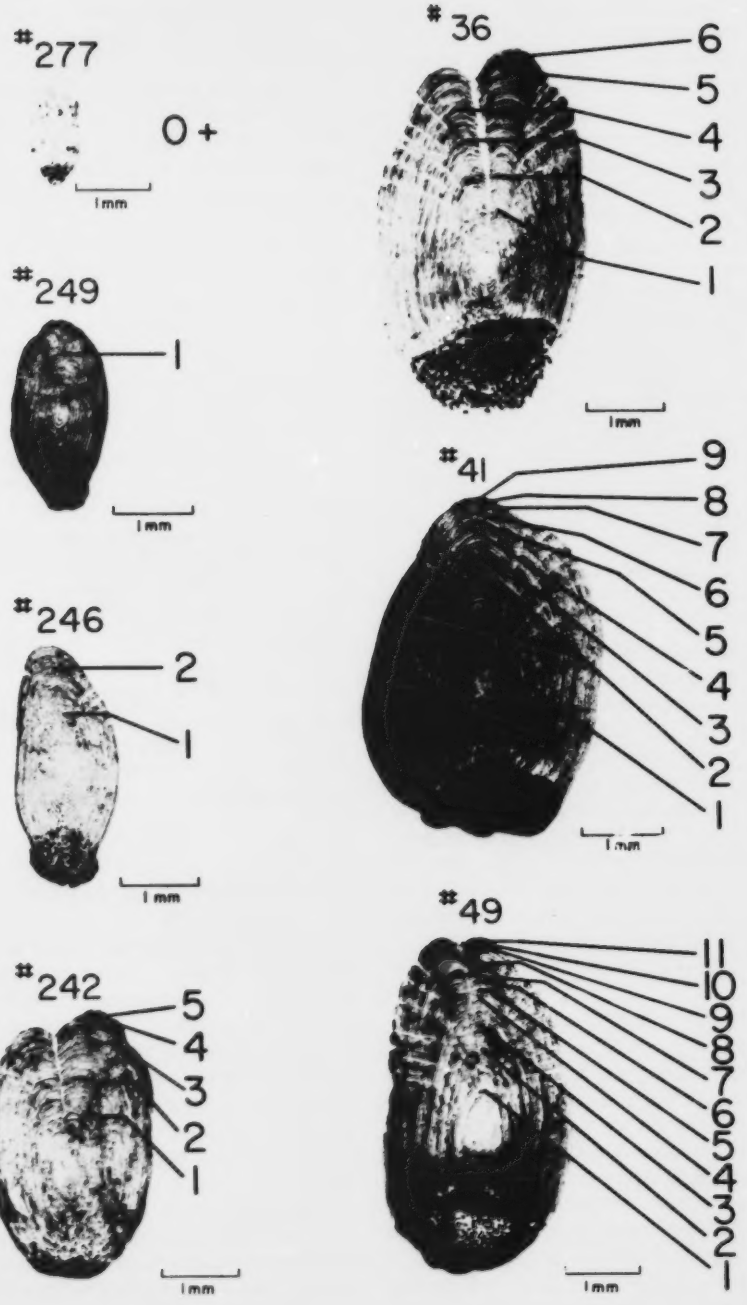

#277
0+
1mm
#249
1
1mm
#246
2
1
1mm
#242
5
4
3
2
1
1mm
#36
6
5
4
3
2
1
1mm
#41
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1mm
#49
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1mm

FIG. 29 Suite.

La présence de marques peut causer certains problèmes. Elles sont toutefois moins évidentes que les annuli, n'entourent pas complètement le rayon, sont souvent proches des annuli et sont absentes dans certaines coupes. Les rayons dont la croissance est lente et la plus petite structure osseuse du rayon de nageoire sont souvent exempts de marques retrouvées dans les rayons à croissance rapide.

Il est plus facile de déterminer la condition du bord de la coupe en étudiant les deux premiers rayons où les zones de croissance sont plus larges (fig. 25B).

La facilité d'identification des annuli chez les poissons plus âgés constitue un des avantages de cette méthode. Même quand les annuli sont entassés, il est généralement possible d'observer que le poisson est plus vieux et que des annuli sont déposés sur le bord du rayon. Cela est particulièrement important quand on étudie des poissons à croissance lente.

HEXAGRAMMIDAE

MORUE-LINGUE (*Ophiodon elongatus*) (Beamish et Chilton 1977)

Même si la morue-lingue est une espèce d'importance commerciale et sportive depuis plus de 50 ans, une méthode pratique pour en déterminer l'âge n'a été élaborée qu'en 1977. Les écailles et les otolithes se sont révélées insatisfaisantes (Chatwin 1954, 1956, 1958; Beamish et Chilton 1977) et, même si les vertèbres semblaient utiles pour les jeunes poissons, elles n'étaient pas pratiques pour l'étude courante des prises commerciales. On doutait aussi de leur précision pour les poissons âgés. En 1977, nous avons publié un article démontrant que les coupes transversales du 4e au 8e rayons de la seconde nageoire dorsale permettent d'évaluer l'âge (fig. 29A).

Les résultats préliminaires d'une étude d'étiquetage comprenant l'injection d'OTC semblent valider les âges déterminés pour les quelques morues-lingues recapturées. (Cass et Beamish 1982).

La lecture des rayons de nageoire exige de la patience et de l'expérience. On doit soigneusement choisir sur le rayon la position où les coupes de différentes épaisseurs seront effectuées. Il est essentiel d'avoir un bon éclairage transmis et un microscope de qualité. Les autres nageoires peuvent être utilisées mais les coupes transversales du 4e et 8e rayons de la nageoire dorsale possèdent les annuli les plus clairs. La longueur est le meilleur indicateur de l'âge des poissons juvéniles. L'âge déterminé à l'aide des écailles est acceptable jusqu'à 5 ou 6 ans (fig. 29B), après quoi la sous-estimation peut aller jusqu'à 8 ans. On devrait toujours étudier des coupes des rayons de la nageoire dorsale pour obtenir l'âge exact d'un poisson âgé.

Les deux premiers annuli peuvent être difficiles à identifier chez le jeune poisson, parce qu'ils ne sont pas proéminents ou qu'ils ont des marques et chez le poisson âgé, à cause de la résorption du centre du rayon de la nageoire. Dans les deux cas, on peut évaluer la position du troisième annulus en mesurant la largeur des premier et deuxième chez les poissons juvéniles ou chez ceux dont ces annuli sont visibles. Il est souvent possible de tout simplement examiner plus de coupes, surtout celles de rayons dont la croissance est relativement lente. Les quelques premières zones de croissance annuelle peuvent devenir translucides quand le poisson vieillit (fig. 29 : nos 242 et 36) mais, encore là, on peut presque toujours identifier le troisième annulus.

Le problème de l'identification des marques peut se résoudre en partie par la comparaison des coupes de rayons à croissance lente et à croissance rapide. Les marques présentes dans les rayons à croissance rapide paraissent rarement dans les rayons à croissance lente. En général, une marque est beaucoup plus étroite qu'un annulus et encercle rarement le rayon. Si une zone translucide est présente tout près d'une autre zone translucide de largeur semblable, qu'elles sont toutes les deux proéminentes dans toutes les coupes et qu'elles entourent le rayon, nous les considérons comme deux annuli. Cette règle ne s'applique cependant pas aux poissons de moins de 3 ans.

PLEURONECTIDAE (POISSONS PLATS)

La surface externe de l'otolithe a couramment été utilisée pour la détermination de l'âge des poissons plats d'importance commerciale, mais nous venons de démontrer dans notre laboratoire qu'il faut suivre des procédures supplémentaires pour obtenir des âges précis. Nous traiterons individuellement de quelques-unes des espèces et fournirons des photographies des zones de croissance sur la surface externe et sur les coupes transversales des otolithes.

Les lectures de surfaces d'otolithe sont généralement satisfaisantes jusqu'à l'âge de 7 ans, après quoi les zones de croissances s'amincissent et s'entassent près du bord, ce qui les rend moins visibles. Les vieilles otolithes, surtout celles des mâles, deviennent plus épaisses et la surface externe ne montre pas tous les annuli. Nous avons observé comme Blacker (1974) un épaississement des oto-

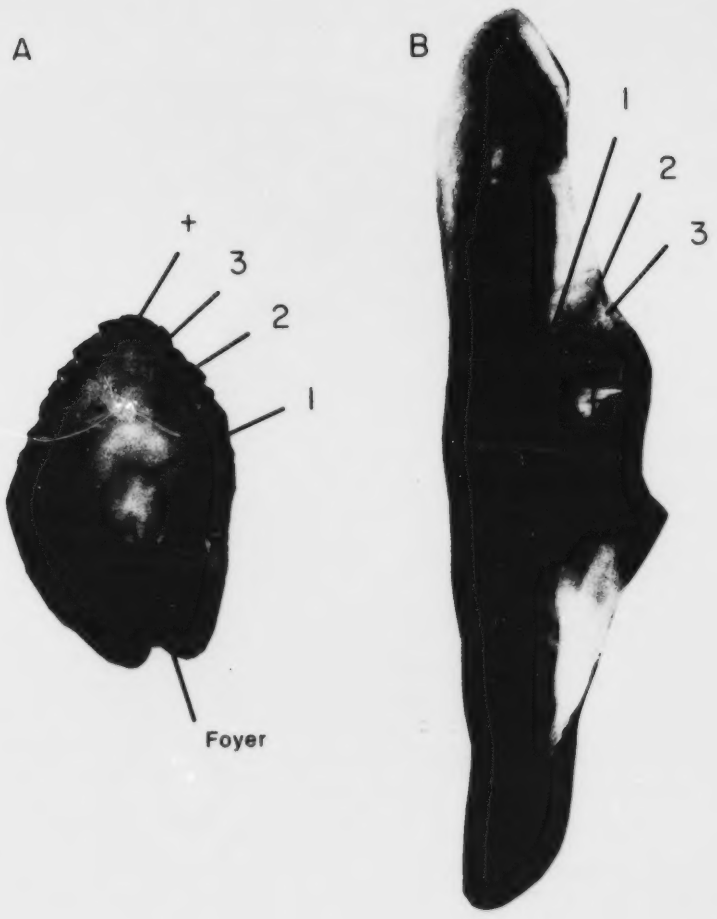


FIG. 30 (A) Surface d'otolithe de jeune plie à grande bouche. (B) Coupe mince d'otolithe de jeune plie à grande bouche.

lithes chez les poissons plats âgés, dû principalement à un dépôt sur la surface interne à mesure que s'y accumulent les zones de croissance. Les otolithes cassées et brûlées et les coupes minces révèlent que les poissons plats de notre région sont plus vieux qu'on ne le croyait. Nous recommandons par conséquent d'utiliser la rupture et le brûlage, surtout quand il est difficile de déterminer l'âge des otolithes trop épaisses. Si l'on distingue mal les annuli à l'aide de cette méthode, il faut alors recourir aux coupes minces. Le montage des coupes d'otolithes sur des lames et leur étude sous lumière transmise à l'aide d'un microscope composé fourniront, dans des conditions optimales, des résultats semblables à la technique précédente. Les coupes sont toutefois plus difficiles à préparer.

PLIE À GRANDE BOUCHE (*Atherestes stomias*) (Hay 1966)

L'examen de la surface externe des otolithes de la plie à grande bouche semble constituer une méthode adéquate pour la détermination de l'âge au cours des premières années (fig. 30A). Toutefois, les plus vieilles otolithes sont souvent troubles et il est difficile de déchiffrer la surface à cause des nombreuses marques (fig. 31). On peut parfois accroître

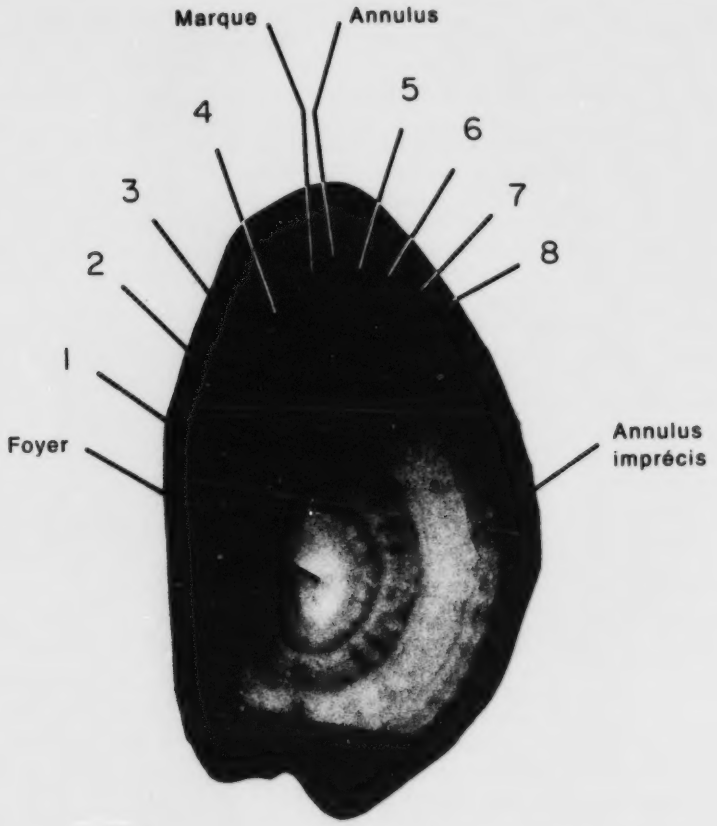


FIG. 31 Cette surface d'otolithe de plie à grande bouche âgée montre un troisième annulus imprécis et un cinquième annulus suivi d'une marque. Il y a plusieurs marques pour les premières années. Les annuli au-delà de 8 ans ne paraissent pas à cause du bord sombre.

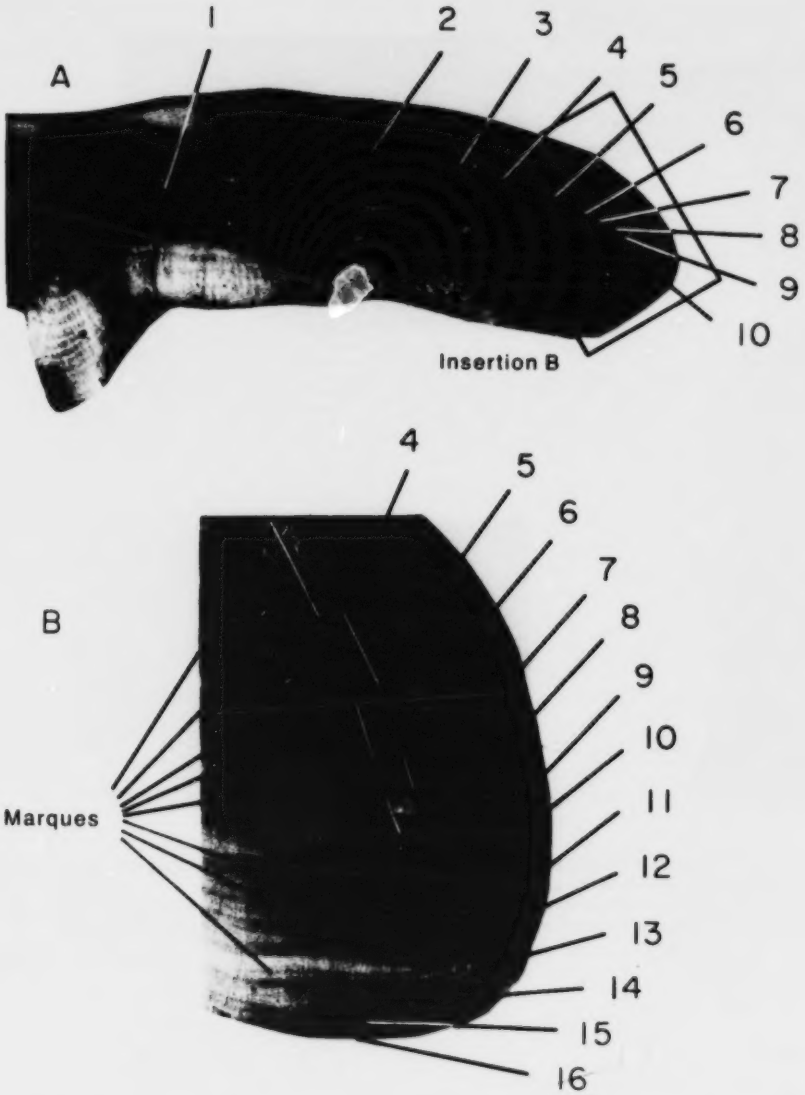


FIG. 32 (A,B) Coupe transversale mince d'une otolithe de plie à grande bouche et agrandissement d'une zone de dénombrement difficile.

la clarté en plongeant les otolithes dans une solution de HCl à 20 %. Il faudrait utiliser des coupes minces ou des moitiés cassées et brûlées en plus des surfaces afin d'obtenir des âges précis; il est donc avantageux de prélever deux otolithes de chaque poisson. Les figures 30B, 32A, 32B et 33A à C sont des photographies de coupes minces. Les annuli sont assez clairs chez les jeunes poissons (fig. 30B), mais la présence de marques et d'annuli entassés près du bord cause des problèmes chez les poissons plus âgés. Un grossissement supérieur des zones entassées sur la coupe transversale élimine généralement ce problème causé par la densité des annuli et permet de les distinguer des marques.

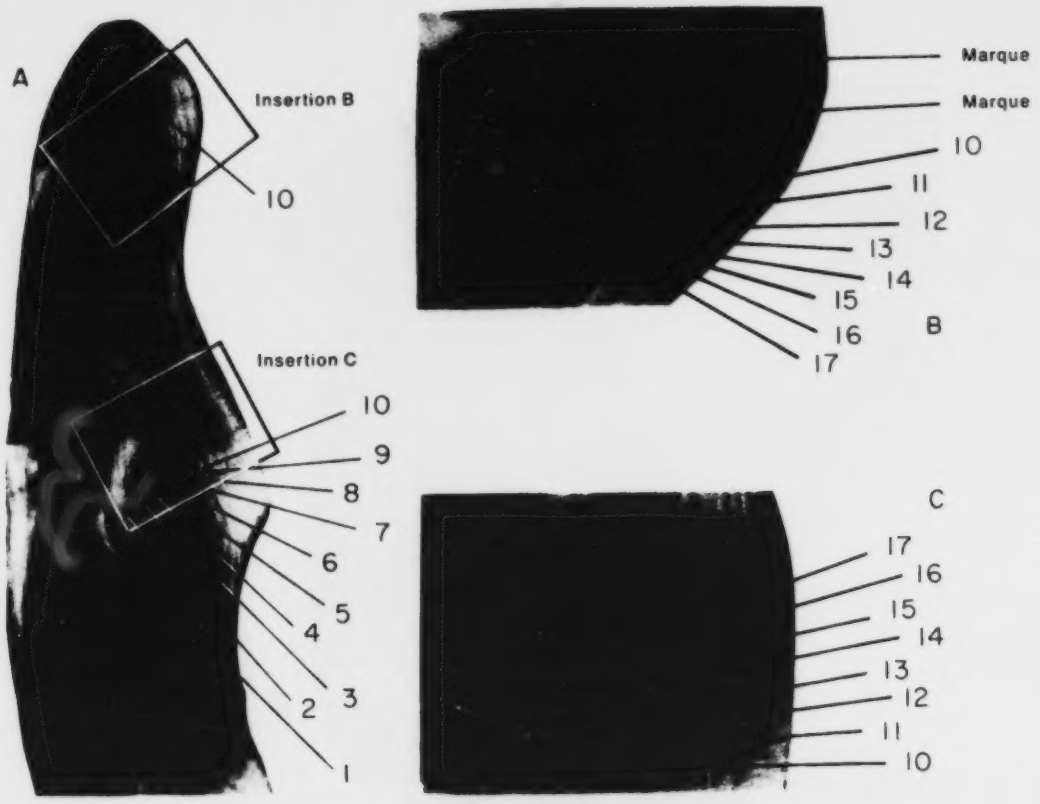


FIG. 33 (A–C) Coupe transversale mince d'une otolithe de plie à grande bouche âgée avec agrandissements montrant des zones entassées et des marques abondantes.

FLÉTAN DU PACIFIQUE (*Hippoglossus stenolepis*)

Dans le cadre d'une étude coopérative menée avec la Commission internationale du flétan du Pacifique (CIFP) dans le but de comparer les évaluations d'âge, notre laboratoire a utilisé la méthode de rupture et de brûlage des otolithes tandis que le personnel de la CIFP en a étudié les surfaces. Nos résultats préliminaires portent à croire que les âges des très vieux flétans sont sous-estimés si l'on examine seulement les surfaces d'otolithes. Dès que l'étude sera terminée, les résultats en seront publiés.

Nous utilisons une scie de type Buehler pour couper les otolithes destinées à être brûlées mais trop épaisses pour être cassées manuellement au centre. Les premier et deuxième annuli présents sur la moitié brûlée et dont la proéminence varie ont généralement plusieurs marques et peuvent être dif-

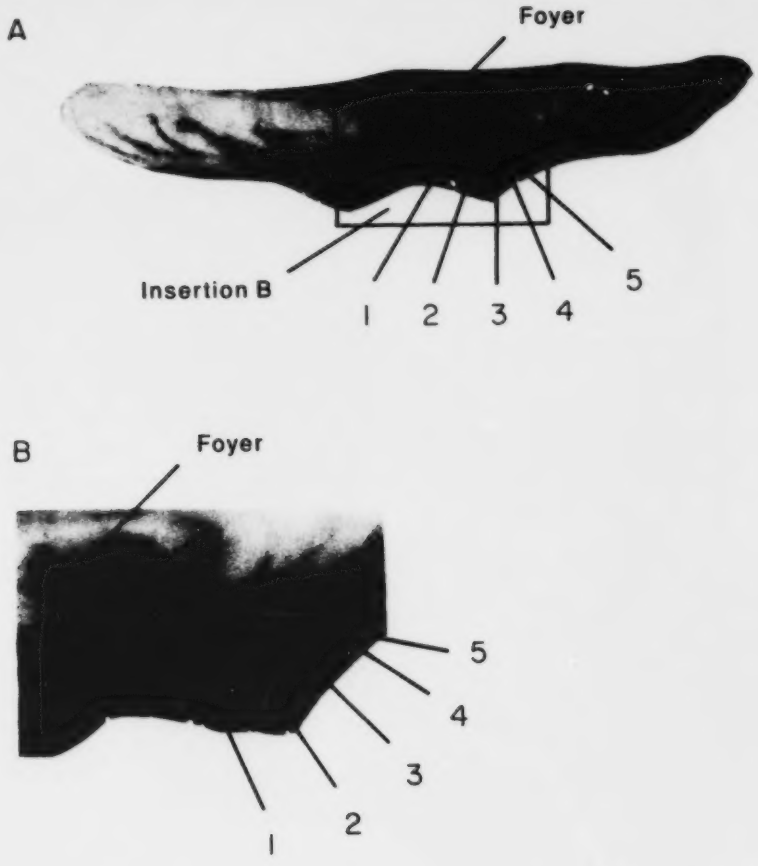


FIG. 34 (A) Zones de croissance sur la surface interne d'une otolithe cassée et brûlée d'un jeune flétan du Pacifique. (B) Agrandissement de la zone de dénombrement le long de la sulcature.

ficiles à situer. Le reste des zones de croissance forment un schème bien déterminé de bandes translucides et opaques alternantes, surtout le long de la sulcature (fig. 34A, 34B, 35A, 35B). Une circonvolution des zones de croissance ou une partie embrouillée sur la moitié brûlée causera parfois des problèmes (fig. 36A, 36B), mais on pourra généralement déterminer l'âge en examinant une autre partie.

Les premiers annuli sont faciles à identifier sur la surface externe (fig. 37A, 37B). La quantité de dépôts entre le foyer et le premier annulus varie, probablement selon le sexe et la région géographique. Les autres annuli, quoique pas toujours distincts à cause des nombreuses marques, semblent former un schème assez régulier (fig. 37C, 37D). Il est préférable d'effectuer plusieurs examens de diverses parties de la surface de l'otolithe afin d'obtenir une évaluation sûre.

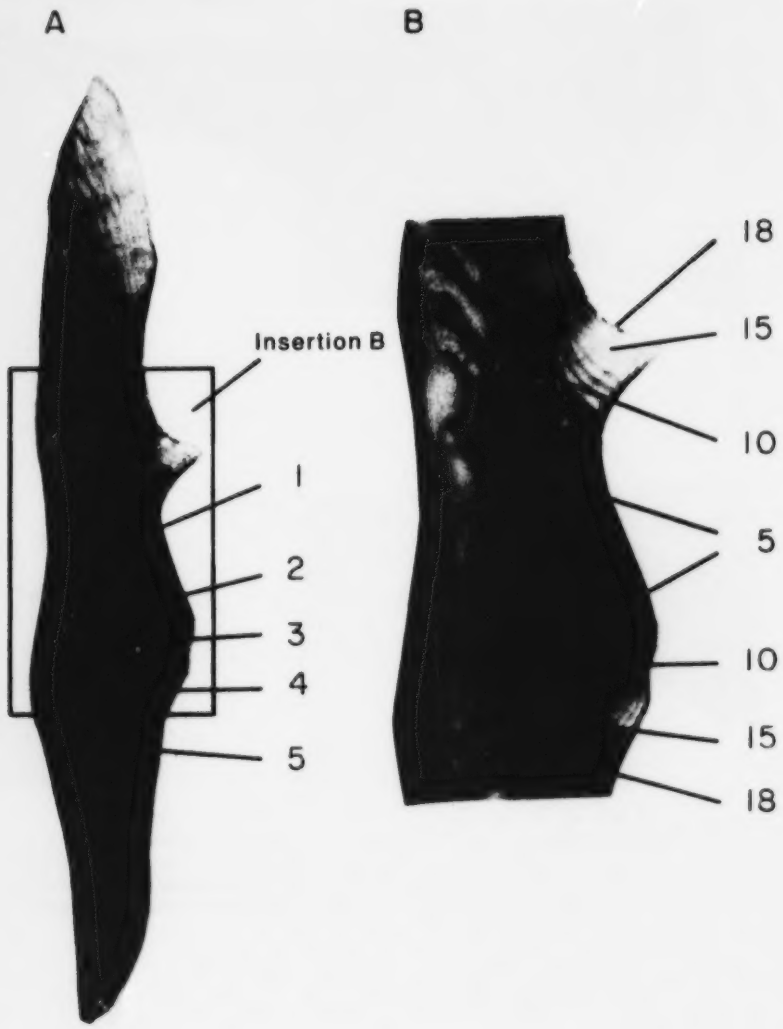


FIG. 35 (A) Zones de croissance sur la surface interne d'une otolithe cassée et brûlée de flétan du Pacifique âgé. (B) Agrandissement de la zone de dénombrement le long de la sulcature.

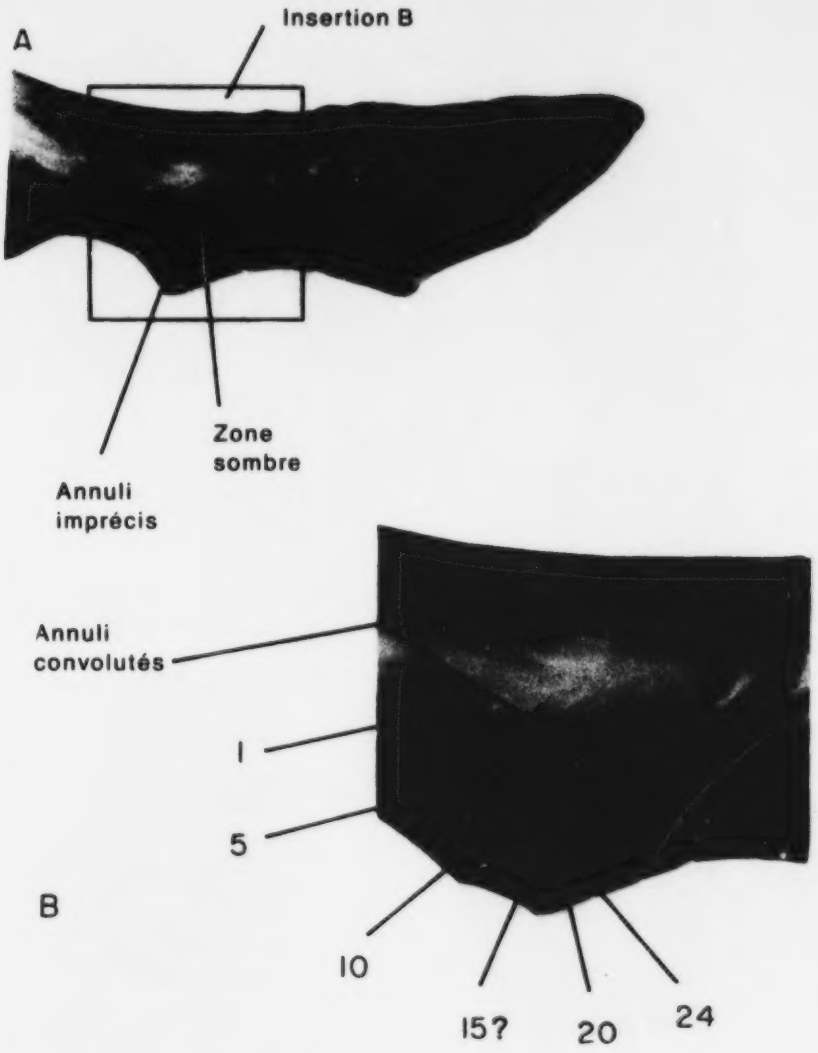


FIG. 36 (A,B) Otolithe cassée et brûlée d'un flétan du Pacifique âgé et agrandissement d'une zone de dénombrement illustrant des problèmes tels que des zones imprécises, une circonvolution des zones et des parties sombres.

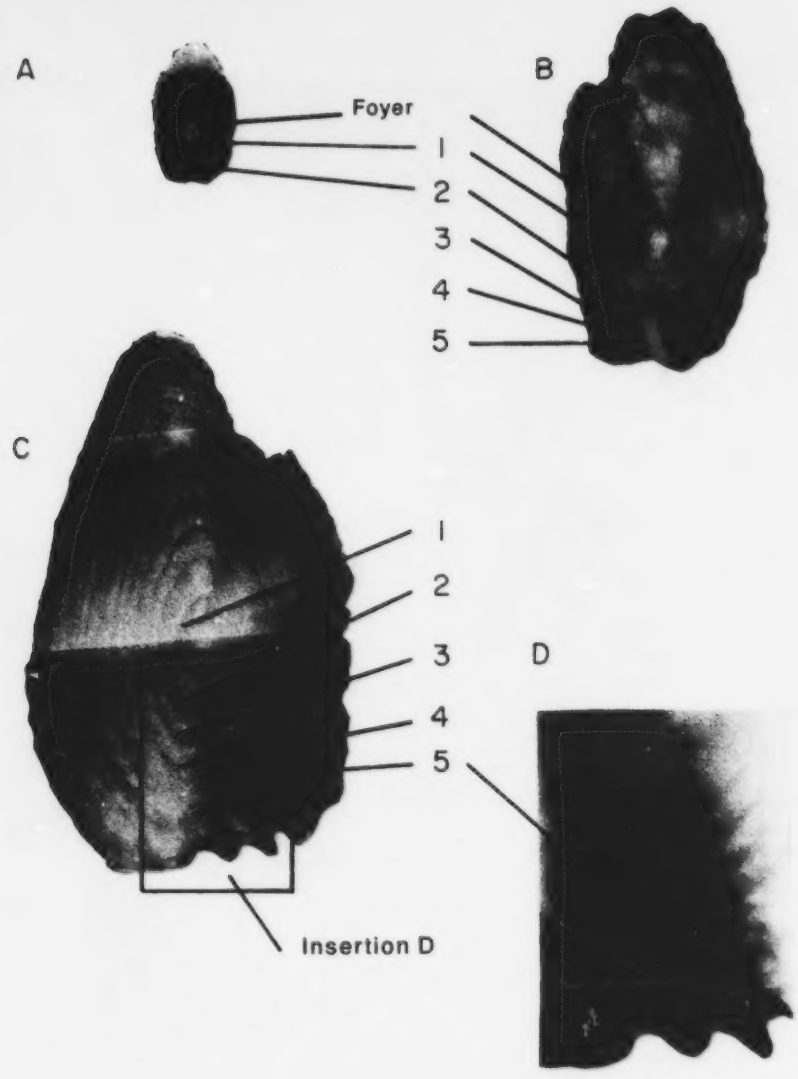


FIG. 37 (A,B) Zones de croissance claires et largement espacées sur la surface externe d'otolithes de jeunes flétans du Pacifique. (C,D) Zones de croissance entassées sur la surface externe d'une otolithe de flétan du Pacifique âgé.

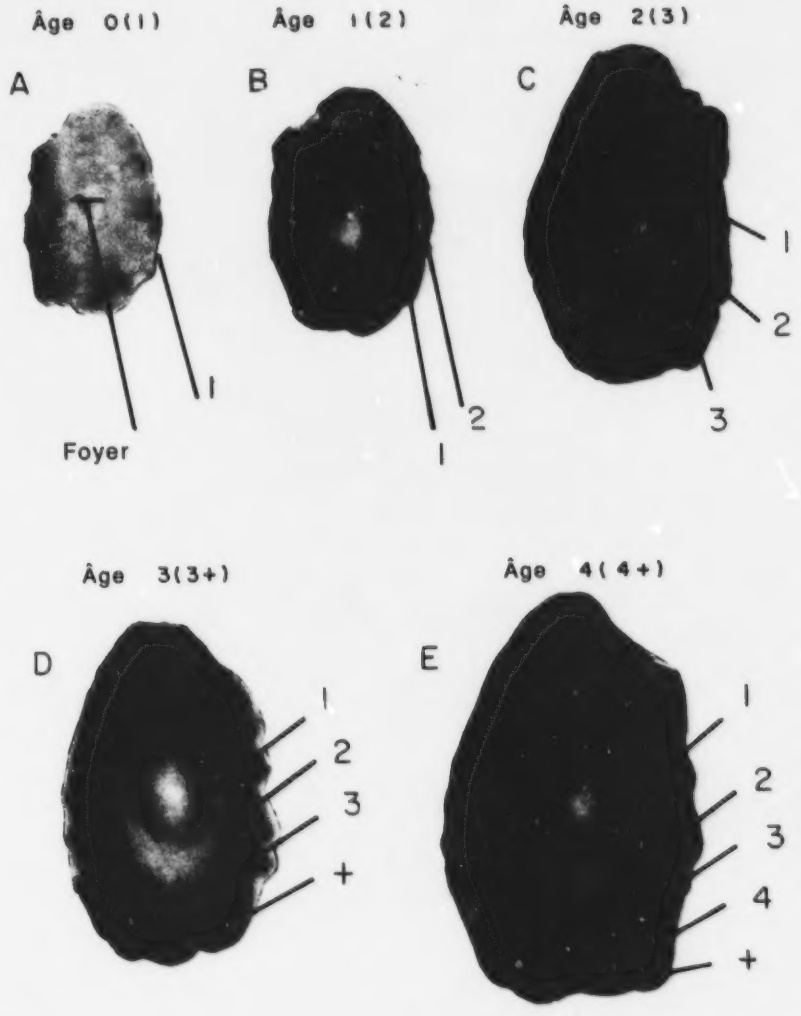


FIG. 38 (A–E) Surfaces d'otolithes de jeunes soles du Pacifique. Les otolithes (A), (B) et (C) ont été prélevées de poissons capturés tard dans l'année et chacune possède un annulus sur le bord.

SOLE DU PACIFIQUE (*Lepidopsetta bilineata*)

L'âge des jeunes soles du Pacifique peut être déterminé à l'aide de la surface externe des otolithes (fig. 38A–E) ou de moitiés cassées et brûlées. Il est par contre nécessaire d'étudier une coupe transversale mince ou une moitié d'otolithe cassée et brûlée afin de déterminer l'âge exact des poissons plus âgés (fig. 39A, 39B, 40A, 40B). Les zones de croissance sur les coupes transversales sont généralement claires et espacées de façon égale; leur largeur décroît graduellement après environ 6 ans. Le foyer a l'apparence d'une petite région sombre et distincte, facilement identifiable.

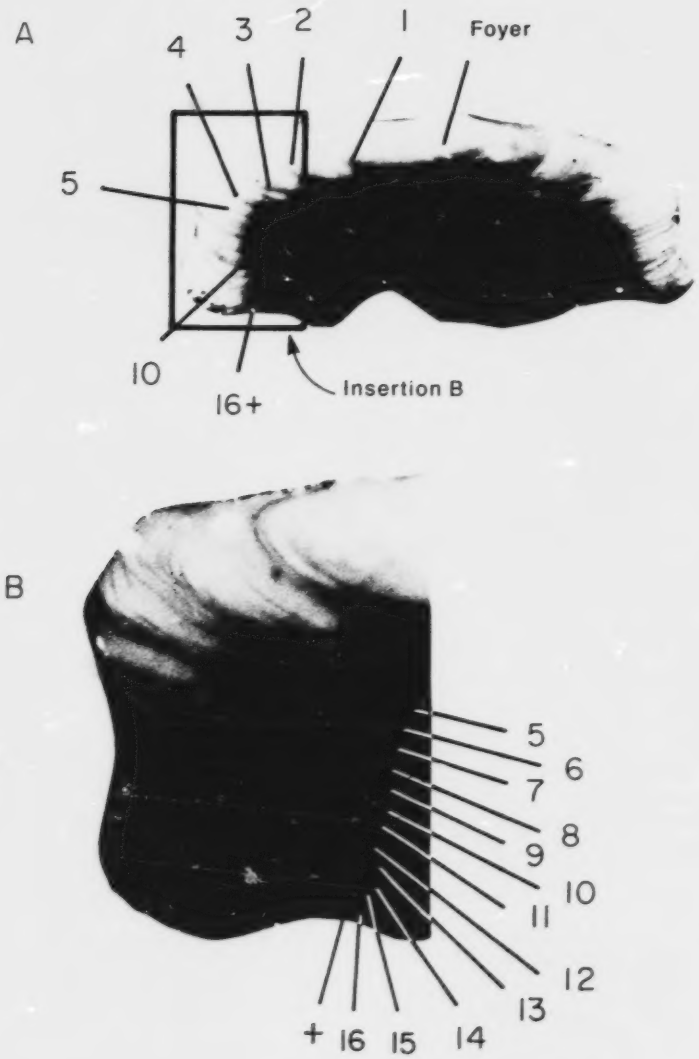


FIG. 39 (A,B) Coupe transversale brûlée et agrandissement d'une zone de dénombrement d'une otolithe de sole du Pacifique âgée.

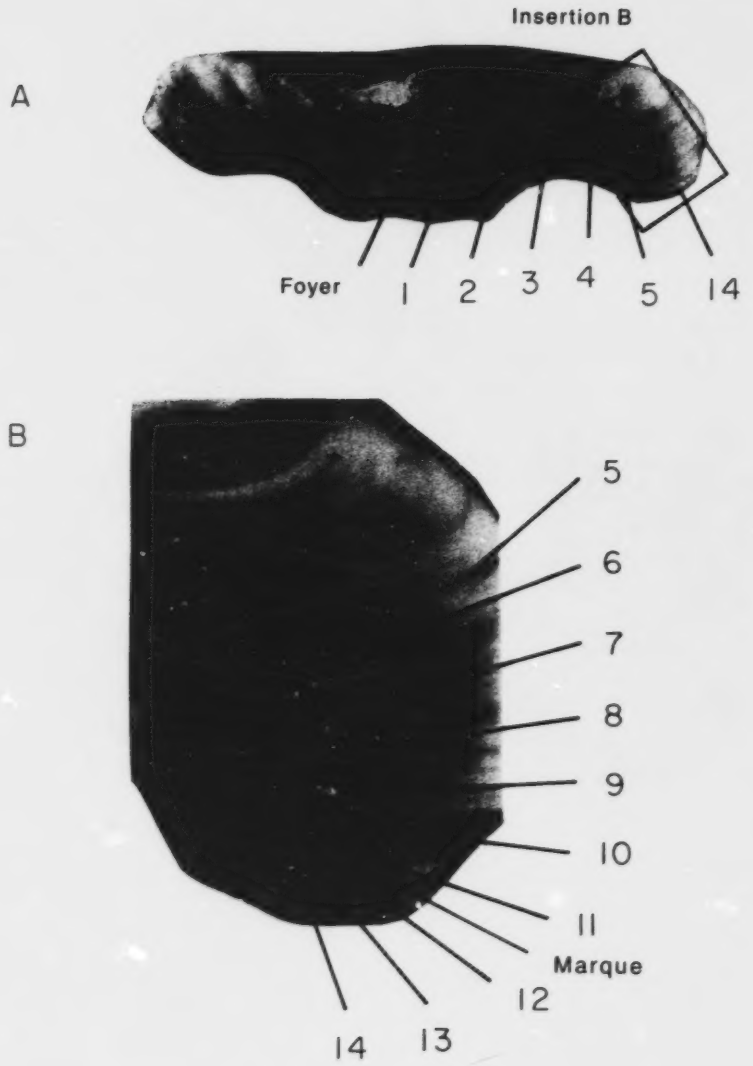


FIG. 40 (A,B) Coupe transversale brûlée et agrandissement d'une zone de dénombrement d'une otolithe de sole du Pacifique âgée.

SOLE (*Microstomus pacificus*)
(Demory 1972)

Selon Demory (1972), les écailles sont adéquates pour la détermination de l'âge de la plupart des soles, sauf les gros mâles. Comme nous l'avons déjà précisé, les écailles ne constituent pas toujours la structure la plus sûre pour déterminer l'âge des poissons âgés. Elles ne devraient être utilisées que dans le cas où il existe une méthode indépendante pour confirmer l'interprétation (voir Beamish *et al.* 1976; Mills et Beamish 1980; Power 1978). En outre, les écailles des soles sont difficiles à échantillonner car elles sont profondément enchâssées dans

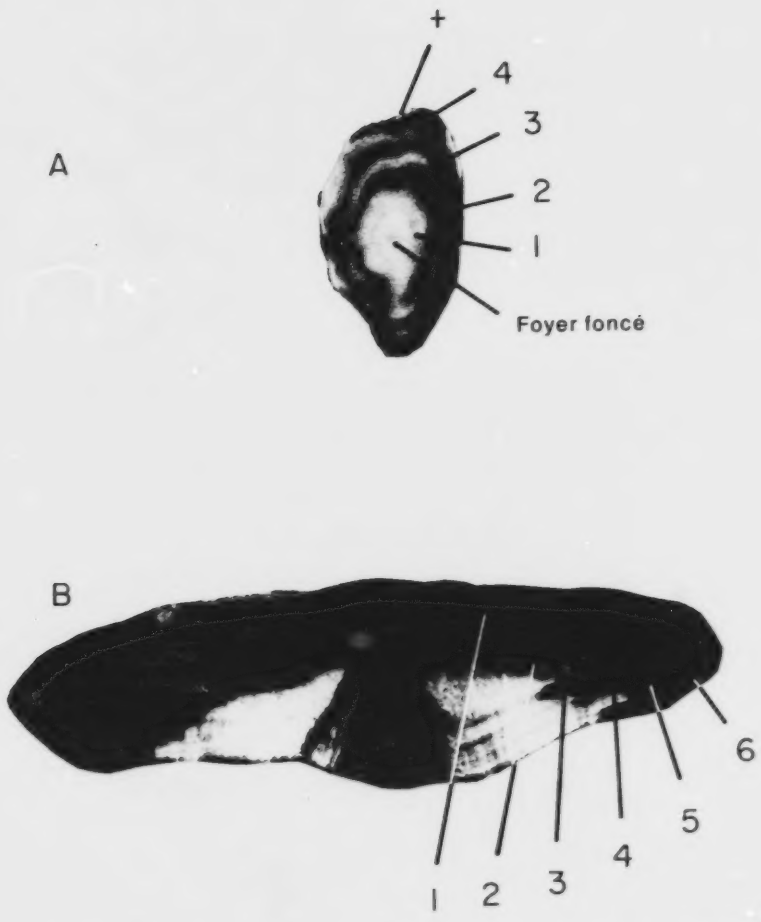


FIG. 41 (A) Sur cette surface d'otolithe de jeune sole, le premier annulus présent après le foyer ou centre foncé est pâle. La position du premier annulus devrait être confirmée à l'aide d'un poisson juvénile d'âge connu (d'après la longueur) (voir texte). (B) Coupe transversale mince d'une otolithe de jeune sole.

le derme. Il faut procéder avec précaution afin de ne pas casser les écailles et en laisser une partie dans la peau. Certains préfèrent enlever un morceau de la peau, quand l'échantillonnage se fait en mer ou au quai, pour ensuite dégager les écailles en laboratoire. Les écailles régénérées sont très communes.

Les résultats d'une comparaison des âges déterminés à l'aide d'écailles ainsi que de surfaces, de coupes transversales et de moitiés cassées et brûlées d'otolithes révèlent que les âges lus sur les coupes transversales sont plus élevés que ceux déterminés à la surface de l'otolithe. C'est la lecture des écailles

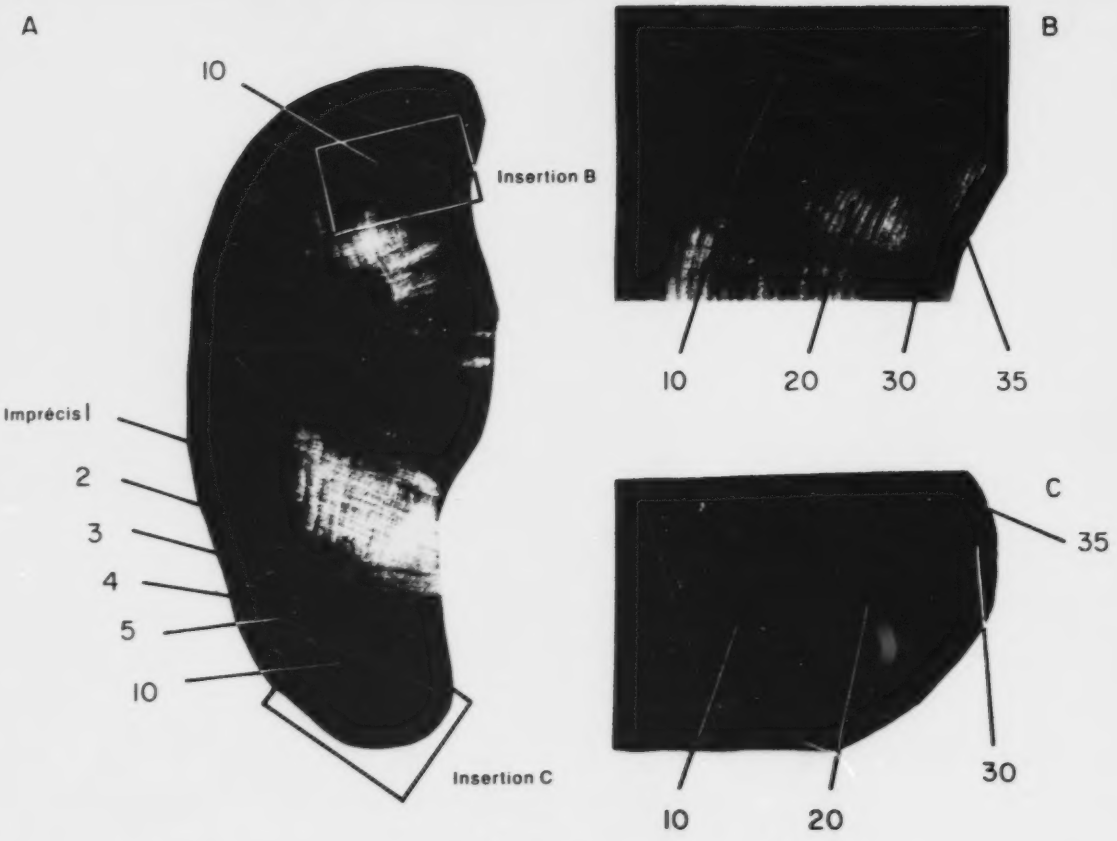


FIG. 42 (A–C) Coupe transversale mince d'une otolithe de sole âgée et agrandissements de zones de dénombrement où les annuli sont très denses et compacts.

qui donne les âges les moins élevés et, par conséquent, nous recommandons de n'utiliser les structures que pour les jeunes soles.

Les otolithes de sole sont petites par rapport à celles des autres poissons plats et peuvent devenir très épaisses. Dans notre laboratoire, nous considérons la première zone translucide à l'extérieur du foyer foncé comme étant le premier annulus (fig. 41A). La position du premier annulus devrait être confirmée à l'aide d'un examen des poissons juvéniles dont l'âge est connu (d'après la longueur), mais qui n'étaient pas disponibles pour la présente

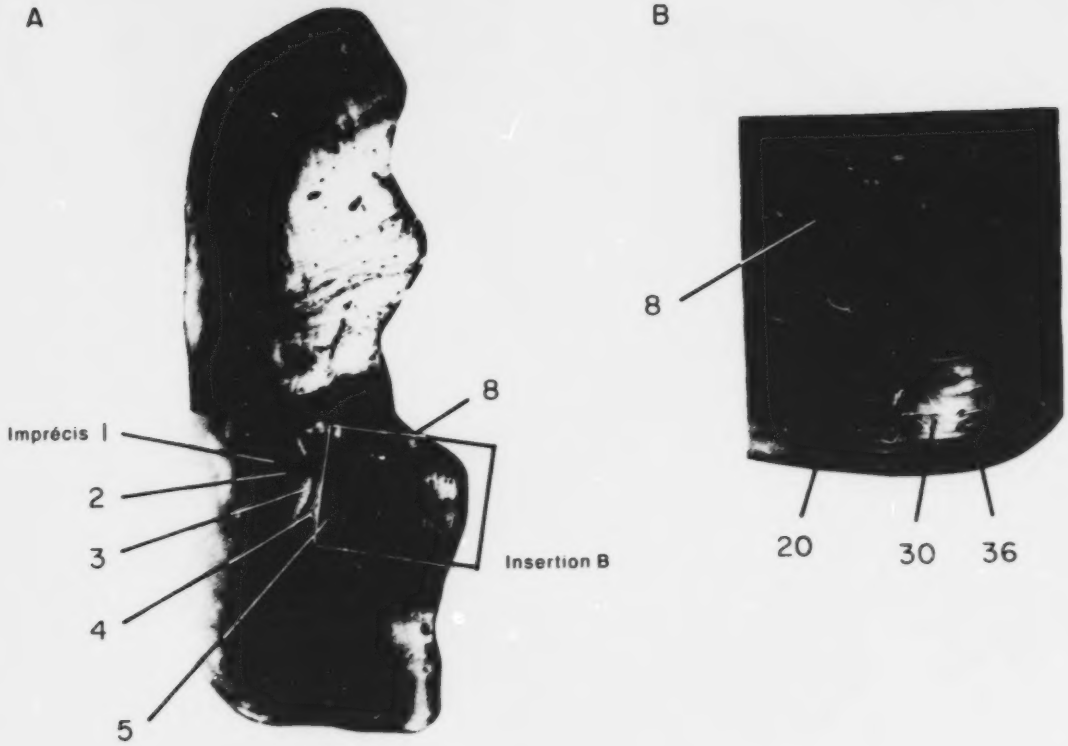


FIG. 43 (A,B) Coupe transversale mince d'une otolithe de sole âgée et agrandissement d'une zone de dénombrement où les annuli sont très denses et compacts.

étude. Selon nous, l'imprécision du premier annulus et la croissance lente de l'otolithe pendant la première année résultent de la vie pélagique de la sole pendant cette période (Carey *et al.* 1981). Les âges déterminés à la surface semblent satisfaisants jusqu'à 7 ou 8 ans, après quoi une coupe transversale devrait être étudiée car les annuli sont plus clairs sur la surface interne.

Il faudrait effectuer des coupes minces quand les otolithes deviennent trop épaisses pour être cassées et ultérieurement brûlées. On peut facilement identifier les premiers annuli sur les coupes mais un grossissement plus élevé est souvent nécessaire pour séparer et suivre les zones de croissance entassées qui se forment sur le bord de l'otolithe. La figure 41B illustre la clarté des annuli présents sur une coupe d'otolithe de jeune sole. Les figures 42A–C, 43A et 43B sont des exemples de coupes minces d'otolithes de soles beaucoup plus âgées.

SOLE ANGLAISE (*Parophrys vetulus*)

Les annuli des premières années présents sur la surface externe des otolithes de sole anglaise sont bien distincts (fig. 44A–D). Les résultats de nos études portent toutefois à croire qu'après environ 8 ans l'âge déterminé d'après la surface est inférieur à l'âge réel du poisson. Des coupes transversales minces ou des moitiés cassées et brûlées, qui exposent la surface interne de l'otolithe, doivent être examinées pour l'établissement de l'âge précis des individus plus âgés. Un dépôt assez important, caractéristique de ces otolithes, apparaît avant la formation du premier annulus. En général, les annuli présents sur les moitiés brûlées sont proéminents et espacés de façon égale, mais la largeur des zones de croissance diminue graduellement à mesure que le poisson vieillit. Jusqu'à 21 a peuvent être comptées sur les coupes des otolithes les plus épaisses (fig. 45A, 45B).

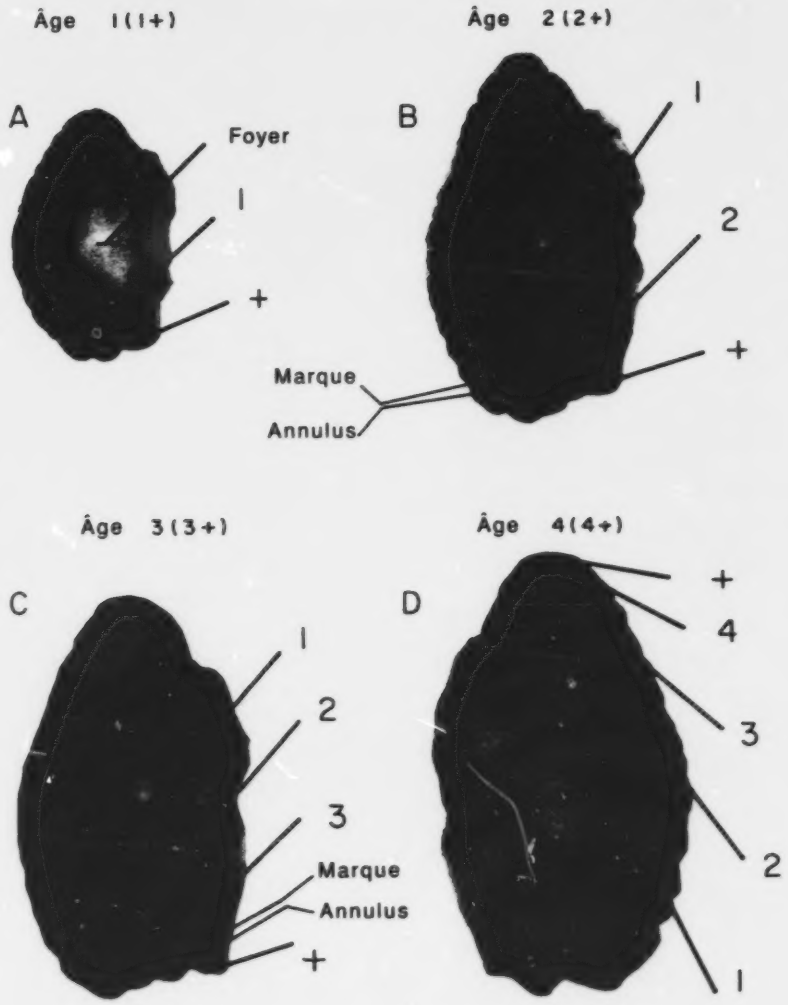


FIG. 44 (A–D) Sur ces surfaces d'otolithes de jeunes soles anglaises, notez le dépôt assez important entre le foyer et le premier annulus, par rapport à celui de la sole et de la sole du Pacifique.

SCOMBRIDAE

GERMON (*Thunnus alalunga*) (Beamish 1981)

La mise au point d'une méthode efficace pour la détermination de l'âge du germon a constitué un sérieux problème pour les halieutistes et de nombreuses méthodes ont été essayées et rejetées. Il semble que l'étude des rayons de nageoire soit rapide et commode pour évaluer l'âge du germon et peut-être d'autres thons, mais cette méthode n'a pas été validée.

Une comparaison des nageoires dorsale, pectorales, pelviennes et anale a indiqué que les nageoires anale et dorsale convenaient le mieux pour la détermination de l'âge du germon (fig. 46A–H). La méthode de préparation et de coupe des rayons de

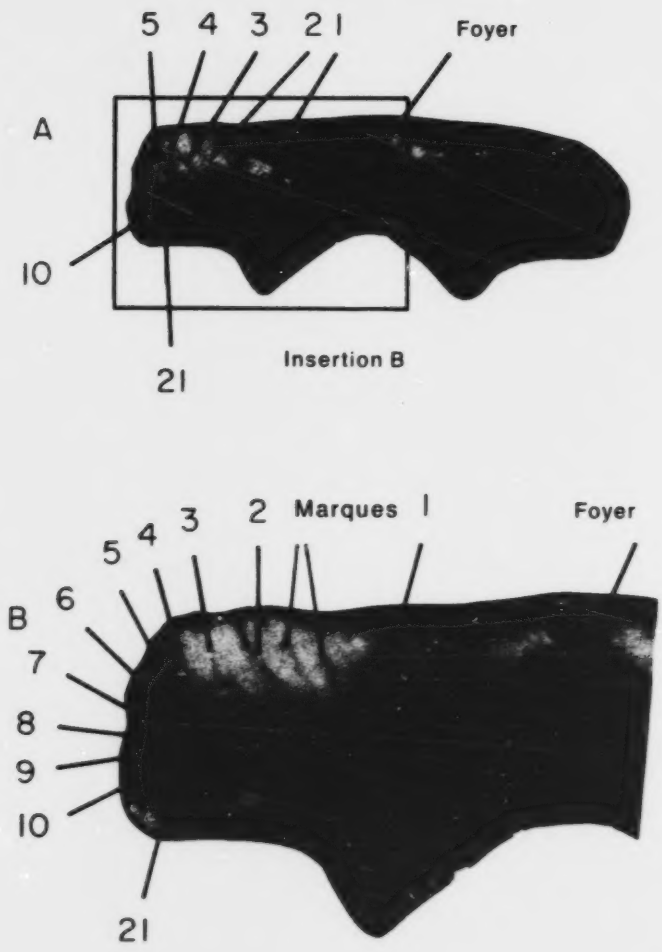


FIG. 45 (A,B) Coupe transversale brûlée et agrandissement d'une otolithe de sole anglaise âgée.

germon, à cause de leur épaisseur, diffère quelque peu de celle utilisée pour les autres espèces.

Deux méthodes sont utilisées pour le montage des nageoires de germon, selon leur condition. On doit déployer une certaine force pour enlever les nageoires, ce qui peut entraîner le bris de quelques-uns des rayons. On utilise la première méthode si cela se produit et la seconde si la nageoire est entière.

Première méthode — Plongez les nageoires séchées dans l'eau chaude et enlevez la peau à l'aide d'un scalpel. Séparez chaque rayon en coupant au scalpel le tissu conjonctif. Si possible, choisissez les 6 premiers rayons; toutefois, les 10 à 12 premiers rayons sont utilisables. Formez un carré de 2,5 x 2,5 cm de résine époxy sur un morceau de Parafilm étiqueté. Trempez chacun des rayons dans

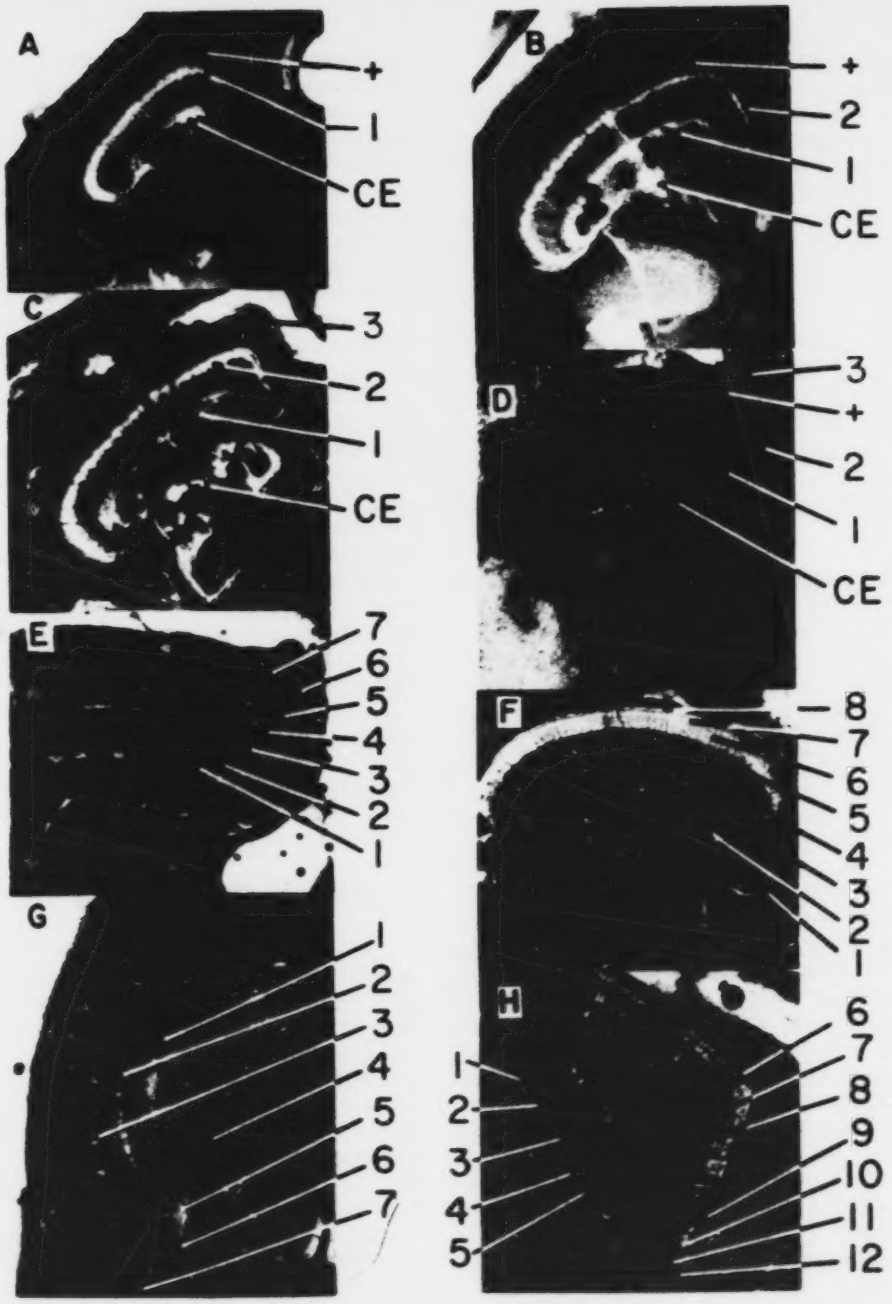


FIG. 46 (A–H) Coupes de rayons de nageoire de germon. CE montre le centre du rayon. (A) Coupe de la nageoire anale d'un poisson de 1 an, 63 cm. (B) Coupe de la nageoire anale d'un poisson de 2 ans, 71 cm. (C) Coupe de la deuxième nageoire dorsale d'un poisson de 3 ans, 76 cm. (D) Coupes de la nageoire anale d'un poisson de 3 ans, 76 cm. (E) Coupe de la deuxième nageoire dorsale d'un poisson de 7 ans, 117 cm. (F) Coupe de la nageoire anale d'un poisson de 8 ans et dont la lecture a été difficile à cause de la nature diffuse de certaines zones translucides. (G) Coupe de la nageoire anale d'un poisson de 7 ans, 99 cm, où 3 annuli se trouvent tout près du bord du rayon sectionné. (H) Coupe non déchiffrée d'un rayon de nageoire anale d'un poisson de 110 cm, où 12 zones translucides sont présentes mais ne peuvent être séparées sur toute la circonférence.

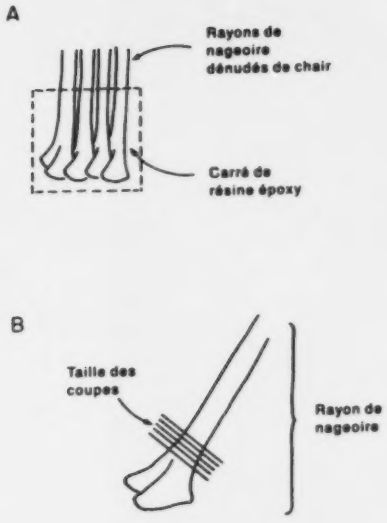


FIG. 47 (A) Première méthode de montage de rayons de nageoire de germon. L'illustration montre la disposition des rayons dénudés dans le carré de résine époxy. (B) Ce dessin représente la meilleure zone de prélèvement des coupes de rayons de nageoire de germon, soit ordinairement de 1 à 1,5 cm au-dessus de la structure basale du rayon.

la toluène et disposez-les en parallèle. Recouvrez-les de résine époxy tout en les maintenant en position. Ils doivent être couverts de résine sur tous les côtés jusqu'à une distance de 3,5 de la base (fig. 47A).

Seconde méthode — Après le séchage à plat de la nageoire intacte, coupez la peau et le tissu conjonctif à l'aide d'un scalpel après le cinquième ou sixième rayon (selon la taille de la nageoire) afin de réduire la largeur de la nageoire pour la coupe. Montez les rayons encore rattachés par la peau. Trempez-les dans la toluène et recouvrez-les de résine époxy jusqu'à 3,5 cm de leur base. Laissez-les sécher pendant 1 jour ou 2 jusqu'à ce que la résine époxy durcisse.

Les meilleures coupes pour la détermination de l'âge semblent être celles qui sont effectuées de 1 à 1,5 cm au-dessus de la structure basale du rayon (fig. 47B). Faites des coupes perpendiculaires d'environ 1 cm d'épaisseur en travers des rayons de nageoire à l'aide du laminoire de type Brownwill. Des pinces fines solides sont utilisées pour tenir la nageoire en place car les rayons et la résine époxy fournissent beaucoup de résistance au moment où on les sectionne. Étalez les coupes par ordre sur une lame étiquetée et recouvrez-les d'une lamelle liquide telle que Flo-texx.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, il faut une certaine expérience pour déchiffrer les zones de croissance sur les coupes de rayons de nageoire. Le lecteur doit s'assurer qu'il travaille avec les meilleures coupes disponibles et qu'il utilise un microscope de recherche adéquat. Les problèmes rencontrés par la plupart des lecteurs inexpérimentés découlent d'une mauvaise préparation et de l'utilisation d'un équipement non propice à l'étude des coupes.

L'étude des rayons de nageoire du germon soulève deux grands problèmes. La position du premier annulus n'a pas été confirmée parce que nous n'avons pas examiné de jeunes de l'année ni de poissons d'un an dont les âges étaient connus. Pour l'instant, nous supposons que la première zone translucide visible constitue le premier annulus.

Les marques qui peuvent être présentes constituent le second problème. On peut réduire cette difficulté au minimum en examinant des coupes de rayons tant à croissance lente qu'à croissance rapide. Ces dernières (coupes de rayons plus larges) contiennent souvent des marques non visibles sur les rayons à croissance lente. Cependant, il est parfois impossible de séparer les marques et les annuli sur certaines coupes. Quoique la méthode soit prometteuse, elle doit être validée à l'aide d'une étude de marquage et de capture.

SCORPAENIDAE (SCORPÈNES)

Les surfaces d'otolithes entières ont été utilisées pendant de nombreuses années pour déterminer l'âge des scorpènes. Une comparaison des lectures de surfaces et de coupes d'otolithes effectuée récemment par Beamish (1979b) a cependant montré que les premières ne sont précises que jusqu'à 15 ou 20 ans. L'étude de coupes minces et de moitiés cassées et brûlées révèle que les scorpènes sont beaucoup plus vieilles qu'on ne le croyait et peuvent atteindre 80 à 140 ans (fig. 48A–E, 48CC, 48DD, 48EE). Les critères utilisés pour déterminer l'âge de toutes les scorpènes sont essentiellement les mêmes sauf que les schèmes et les taux de croissance varient selon l'espèce; c'est pourquoi nous avons essayé d'illustrer et de décrire les otolithes de plusieurs espèces.

Dans notre laboratoire, les otolithes de scorpènes d'un échantillon sont cassées et brûlées systématiquement. Si elles sont difficiles à interpréter, des coupes minces sont effectuées. Le brûlage élimine partiellement de nombreux problèmes dont celui des marques, car cette méthode met en valeur

les vrais annulis. Si l'on ne réussit pas de cette façon à déterminer la position des premiers annuli, on utilise la surface externe de l'otolithe.

L'éclairage et l'angle d'observation des otolithes cassées et brûlées sont importants. Le lecteur doit donc pouvoir manipuler habilement l'otolithe afin de produire le meilleur angle lumineux. Afin de rendre plus claires les zones de croissance, on enduit la surface cassée et brûlée d'une huile légère telle que de l'huile de cèdre ou de l'huile de cuisson.

Les annuli des otolithes entières de scorpènes âgées ne peuvent être dans tous les cas identifiés autour de la surface parce que la croissance de l'otolithe se concentre sur la surface interne au fur et à mesure que le poisson vieillit et que son taux de croissance ralentit. Sur les otolithes brûlées, une zone doit être continue de la sulcature à l'extrémité dorsale ou ventrale pour être qualifiée d'annulus.

Dans les pages suivantes, nous présentons des photographies et des descriptions de méthodes pour la détermination de l'âge de certaines espèces d'importance commerciale. Pour les espèces non mentionnées, nous recommandons de comparer les lectures de surfaces d'otolithes à celles de coupes ou d'otolithes cassées et brûlées. Si l'on préfère déterminer l'âge à l'aide de surfaces, les données obtenues devraient être vérifiées à l'aide de coupes. Il ne faudrait jamais utiliser les écailles sauf si la méthode a été validée ou que les âges obtenus sont semblables à ceux générés par d'autres structures.

SÉBASTE À LONGUE MÂCHOIRE (*Sebastes alutus*) (Westrheim 1973; Beamish 1979b)

La formation des otolithes du sébaste à longue mâchoire est régulière et uniforme. Les zones de croissance qui paraissent sur la surface interne indiquent que ce poisson peut vivre très longtemps (Beamish 1979b). On peut mieux différencier le foyer du premier annulus en cassant et en brûlant l'otolithe; le premier annulus apparaît alors comme une bande foncée autour du foyer central blanc. Les autres annuli, dont le schème de croissance est régulier, sont faciles à lire (fig. 49A–D). Si des zones embrouillées ou une croissance irrégulière sur la coupe brûlée causent des problèmes (fig. 50A, 50B), nous recommandons d'effectuer une coupe transversale mince de l'otolithe non brûlée et de l'examiner à un grossissement supérieur afin d'obtenir un compte précis des annuli entassés (fig. 51A–D). La figure 52A–C présente une coupe transversale et des agrandissements d'une vieille otolithe. Les schèmes de croissance varient beaucoup selon la région et peut-être même aussi entre les sexes.

La surface de l'otolithe contient un foyer qui apparaît comme un groupe d'anneaux imprécis, composés de lobes. Souvent, ce foyer est suffisamment distinct pour qu'on le confonde avec le premier annulus (fig. 53A) et celui-ci peut être difficile à identifier sur la surface de l'otolithe parce que son rayon à partir du foyer varie beaucoup, même chez un seul échantillon. Toutefois, avec de l'expérience et par la mesure de spécimens juvéniles, on peut minimiser ce problème. L'étude de la partie postérieure et dorsale de la surface d'une otolithe, méthode décrite par Westrheim (1973) (fig. 53A–C), indique un certain fusionnement des annuli le long de la partie ventrale après 5 ou 10 ans. Nous ne recommandons donc pas la détermination de l'âge à cet endroit. La surface d'une vieille otolithe de sébaste à longue mâchoire, où un lobe est présent au bout postérieur, est illustrée à la figure 54A,B.

SÉBASTE ARGENTÉ (*Sebastes brevispinnis*)

On peut clairement voir le foyer et les premiers annuli, ainsi que ceux entassés près du bord, en examinant une otolithe cassée et brûlée (fig. 55A–C). Quoique les otolithes deviennent plutôt grosses et épaisses, elles sont faciles à casser en deux au niveau du foyer et, dans la plupart des cas, elles brûlent de façon égale. Sur la surface brûlée, le premier annulus, dont la position peut varier selon le stock, apparaît comme une bande foncée autour d'un foyer central. Un certain nombre de marques peuvent être présentes entre le foyer et le premier annulus, mais la plupart des autres annuli sont généralement clairs. Si des zones entassées ou mal définies sur la surface brûlée causent des problèmes, on effectuera une coupe mince à étudier à l'aide d'un grossissement supérieur. On identifie habituellement les annuli le long de la sulcature et ils sont visibles sur la surface interne dorsale de la coupe.

Les surfaces des otolithes se composent de larges zones de croissance régulièrement espacées, qui peuvent varier selon le stock. La quantité de dépôt relativement faible jusqu'au premier annulus est très distincte (fig. 56A). À cause de la présence de nombreuses marques sur le bout postérieur de l'otolithe, on compte les annuli le long de la face dorsale (fig. 56B) jusqu'à l'extrémité postérieure de la surface afin d'obtenir un âge précis quand la croissance ralentit. Des excroissances digitiformes sont formées à l'extrémité postérieure de la surface de l'otolithe après 12 à 15 ans (fig. 56A, 56C). Ces doigts plats, où les annuli apparaissent comme des zones très étroites, ne s'épaississent pas avec l'âge comme les autres parties de l'otolithe.

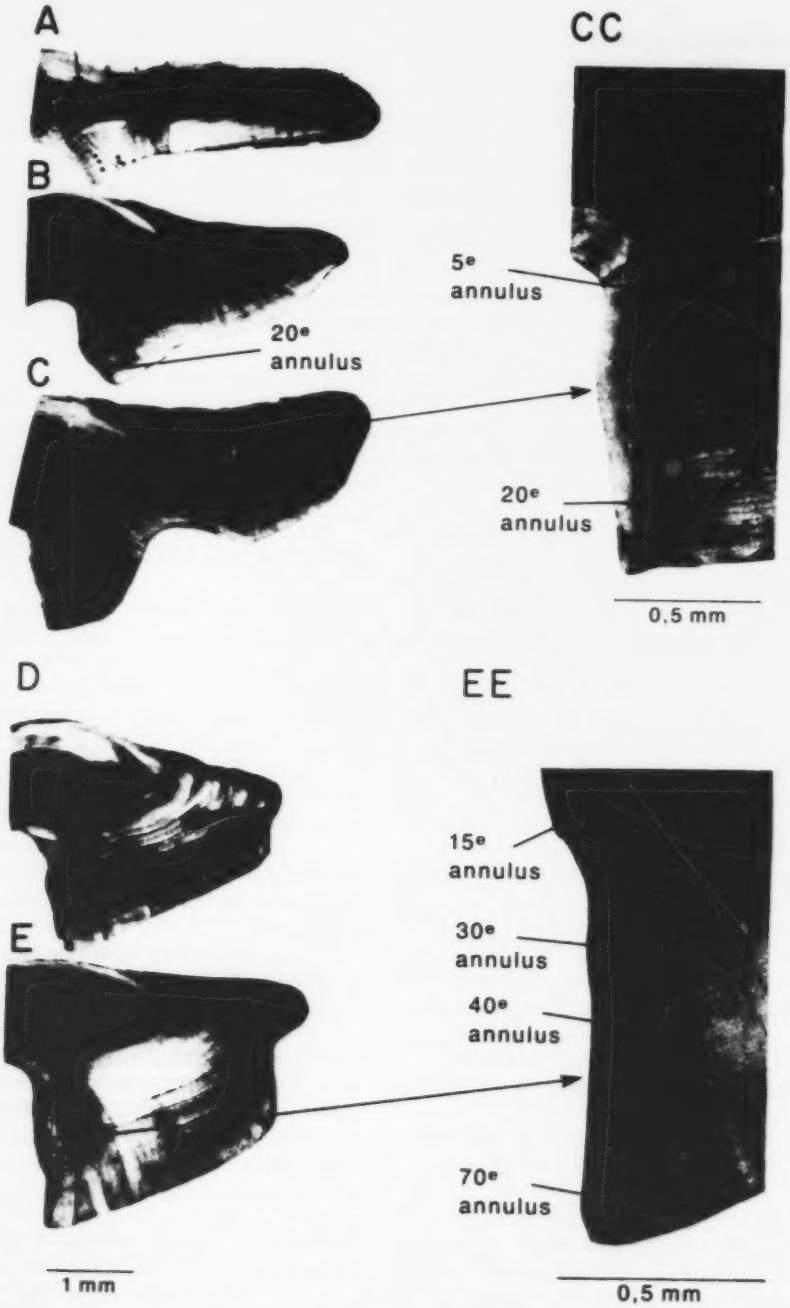


FIG. 48 (A–E, CC, DD, EE) Zones de croissance sur la surface interne de coupes transversales d'otolithes de sébaste à longue mâchoire. Dans la plupart des cas, ces zones ne sont pas visibles à la surface externe des otolithes plus âgées. Le ralentissement de la croissance corporelle ou son absence au cours du vieillissement se réflète dans la croissance de l'otolithe dont plusieurs des zones annuelles deviennent extrêmement petites. Les flèches en (A) indiquent la position des annuli et, en (CC) et (EE), les marques.

DD

FIG. 48 Suite.

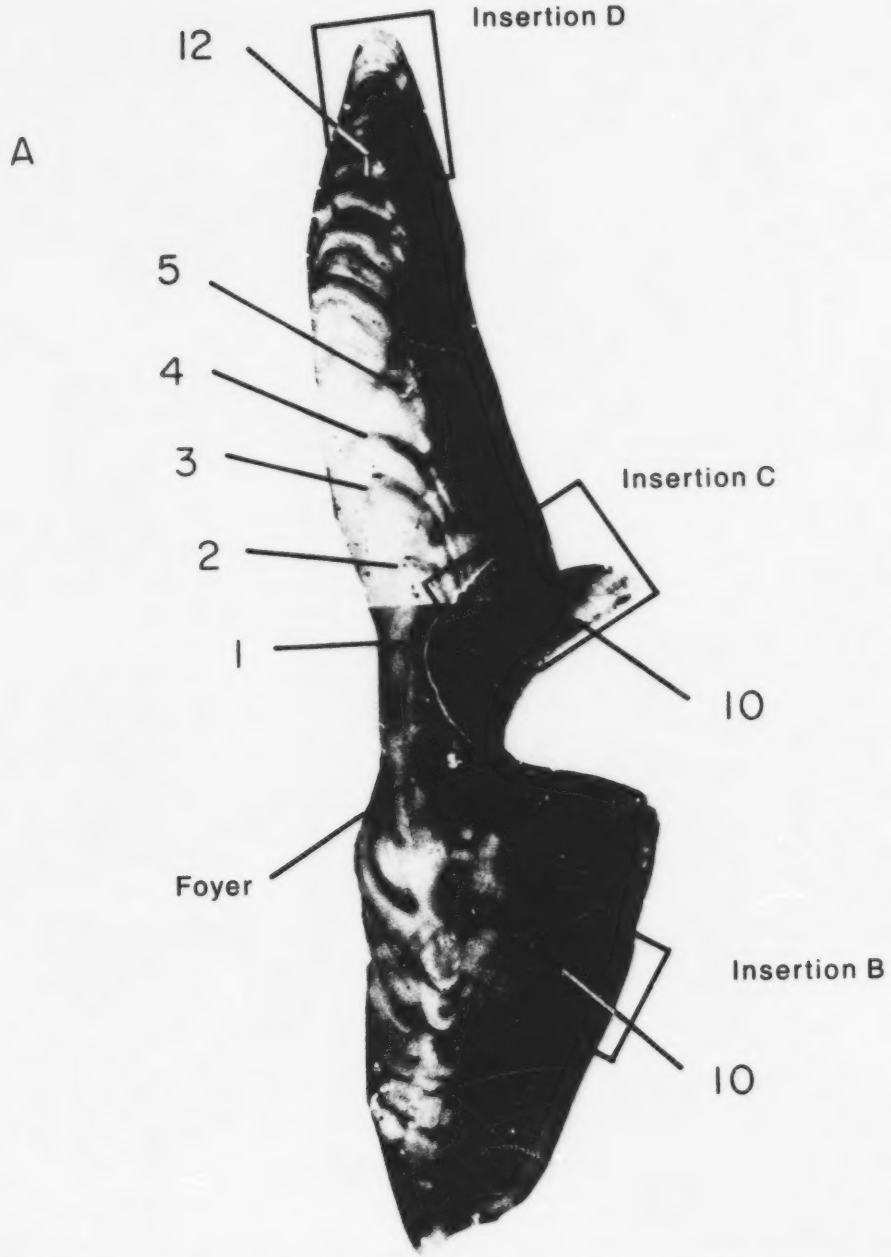


FIG. 49 (A–D) Coupe transversale brûlée d'une otolithe de sébaste à longue mâchoire et agrandissements de zones de dénombrement où le schème de croissance est régulier et facile à lire.

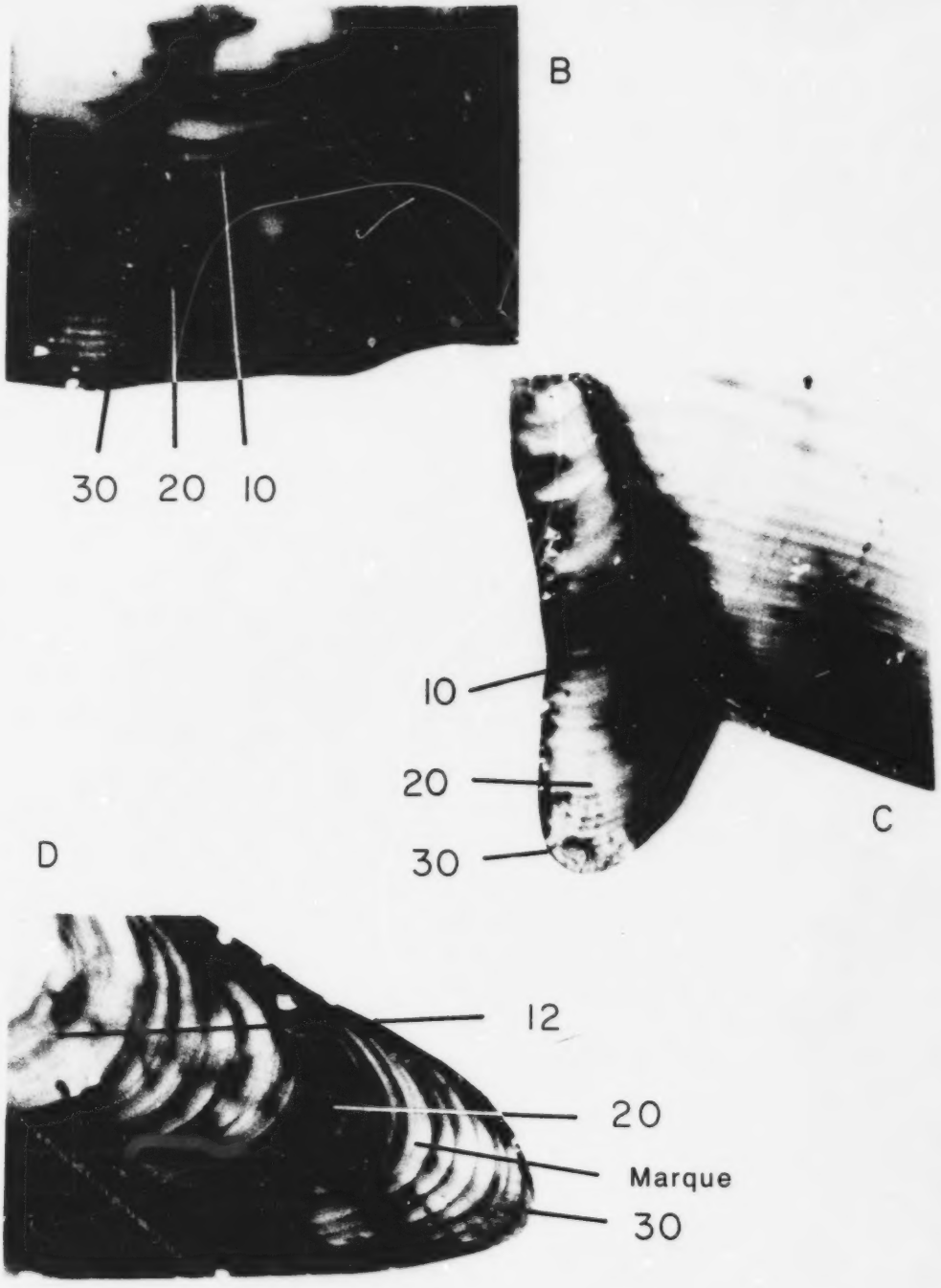


Fig. 49 Suite.

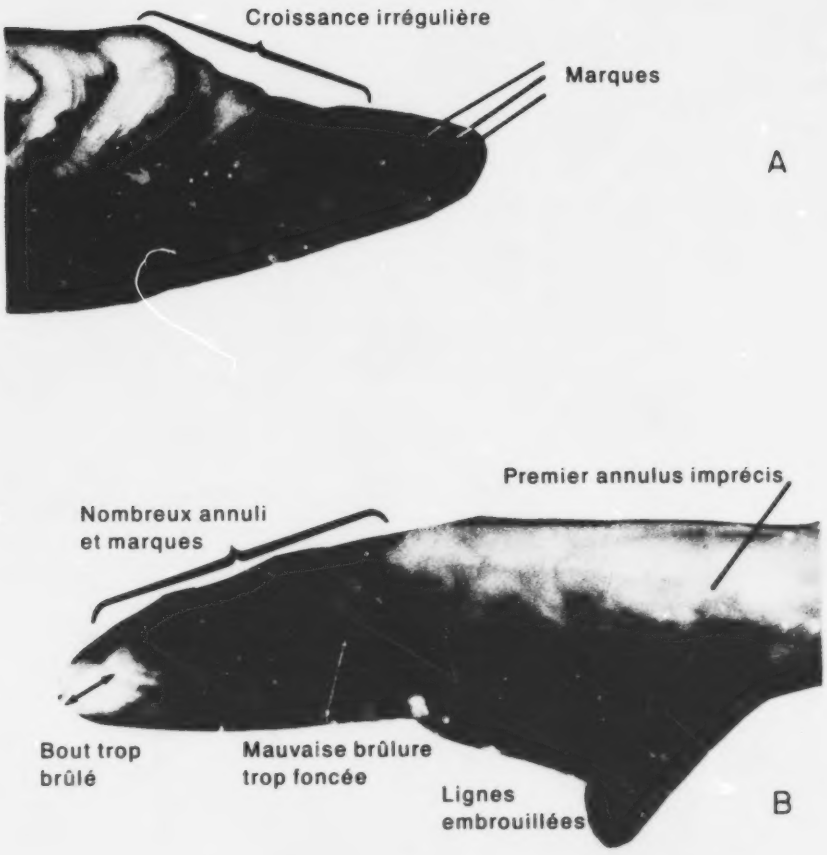


FIG. 50 (A,B) Coupes transversales brûlées d'otolithes de sébaste à longue mâchoire illustrant des problèmes d'identification des annuli, dont un bout trop brûlé, un premier annulus imprécis et des zones embrouillées.

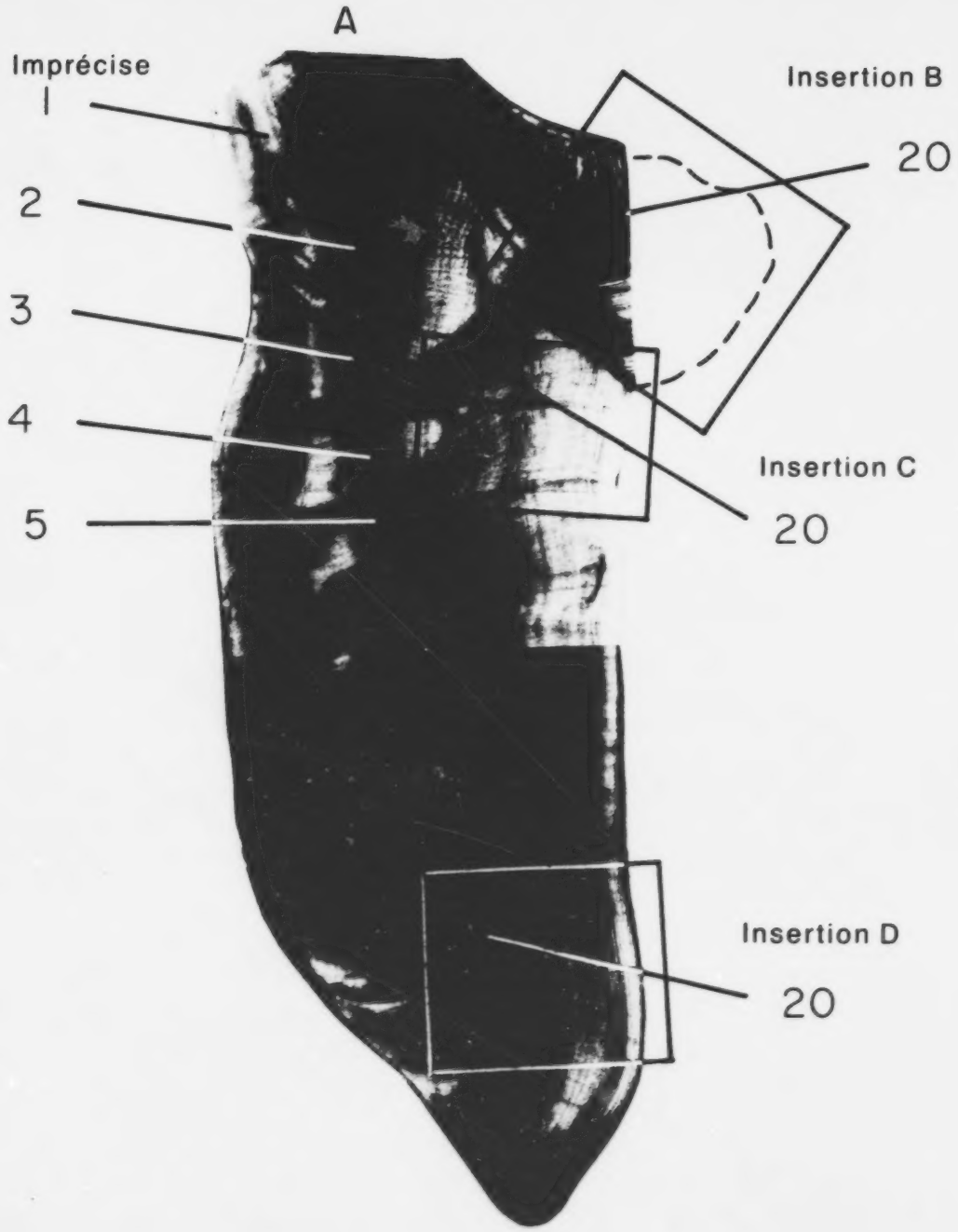
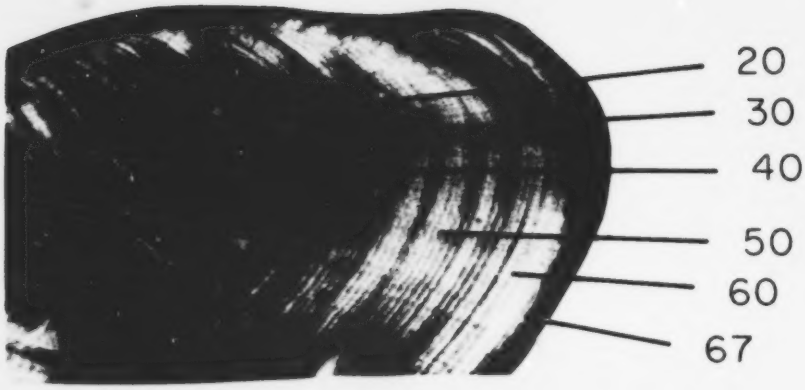
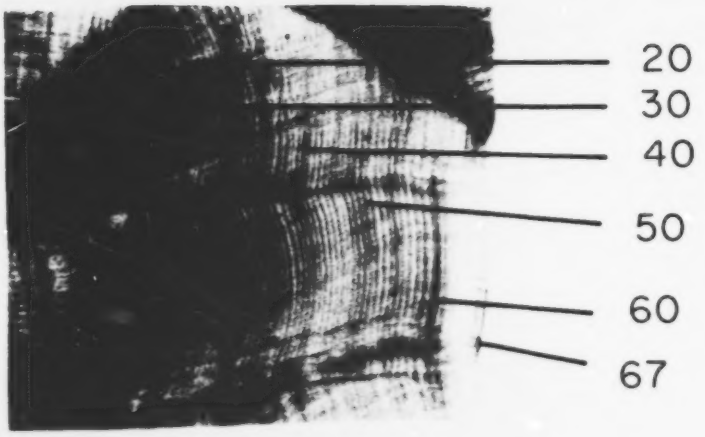


FIG. 51 (A–D) Coupe transversale mince d'une otolithe de sébaste à longue mâchoire et agrandissement de zones de dénombrement ou les zones annuelles sont très rapprochées. (A) La zone indiquée par les flèches à double pointe montre un arrangement difficile à interpréter car les zones sont embrouillées et difficiles à délimiter.





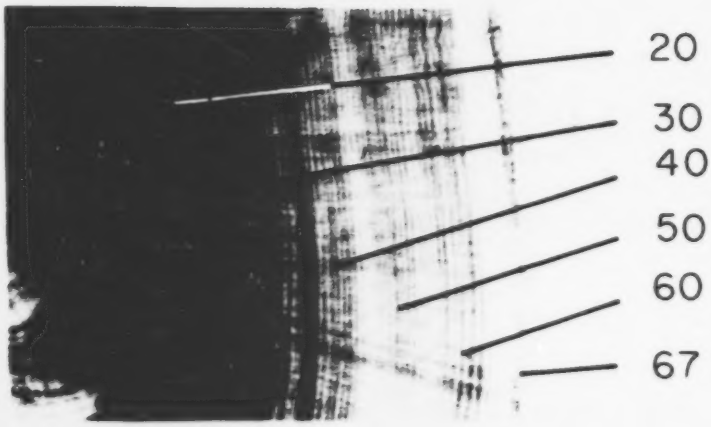


FIG. 51 Suite.

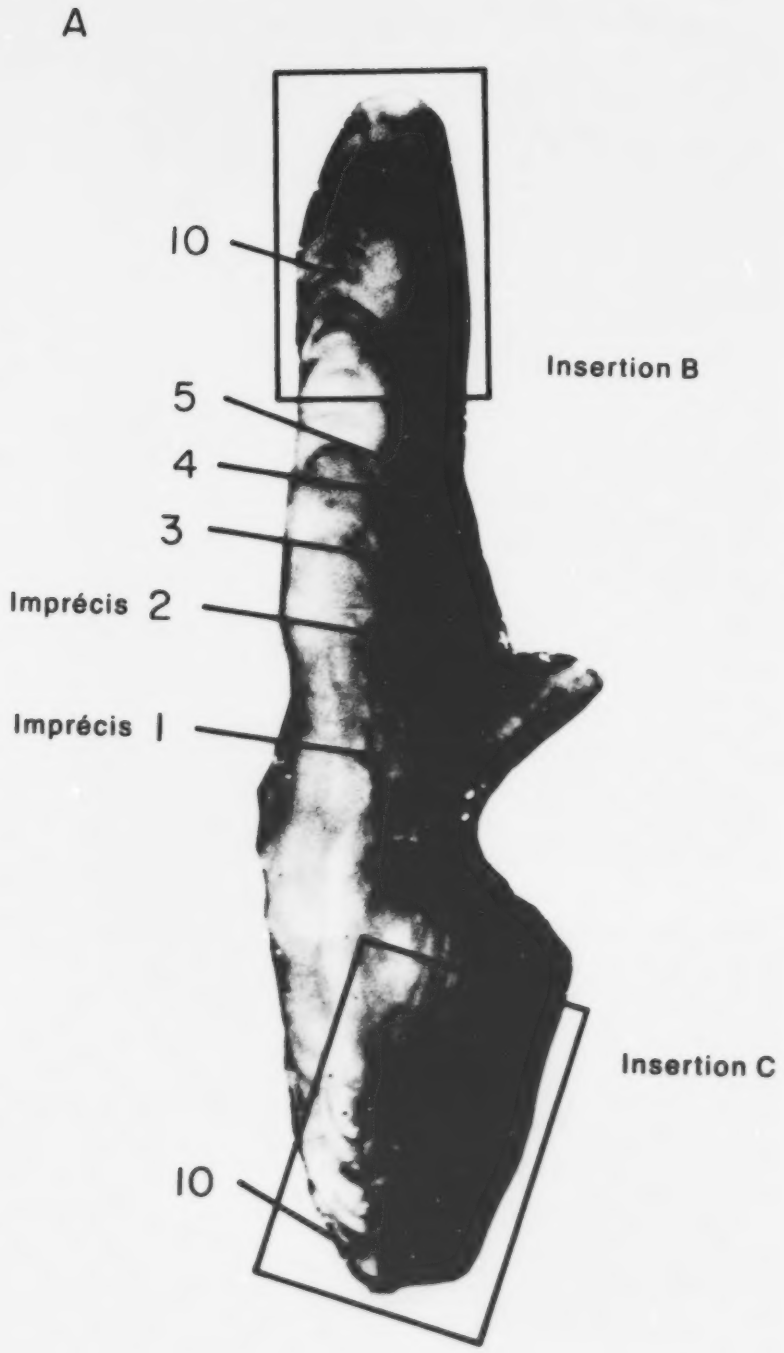
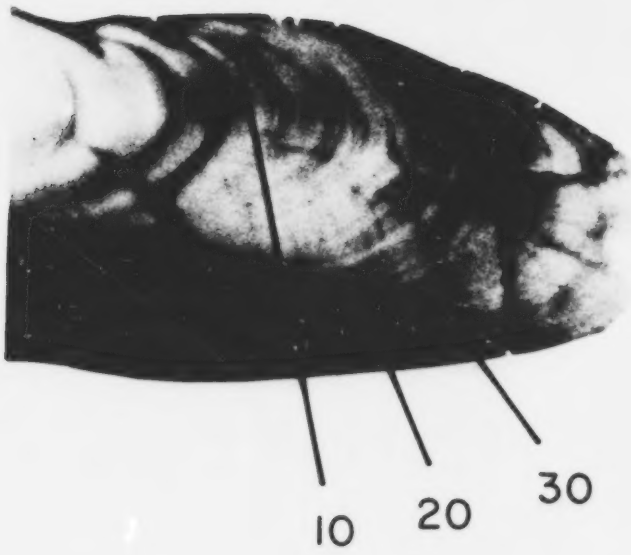


FIG. 52 (A–C) Coupe transversale brûlée d'une otolithe de sébaste à longue mâchoire et agrandissements de zones de dénombrement où les annuli montrent une croissance régulière; notez le premier et deuxième annuli indistincts en (A).



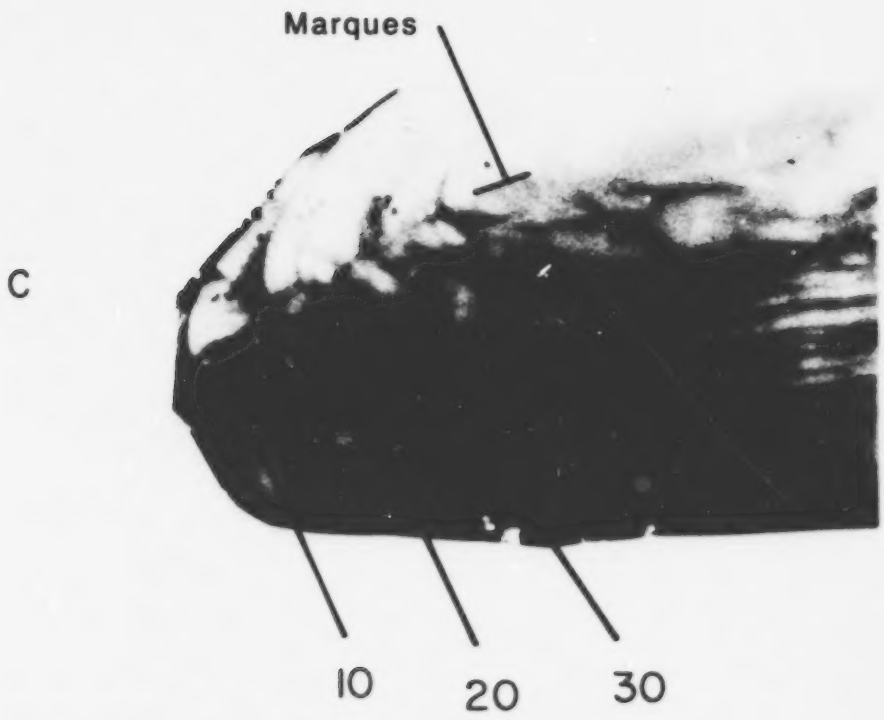


FIG. 32 Suite.

A

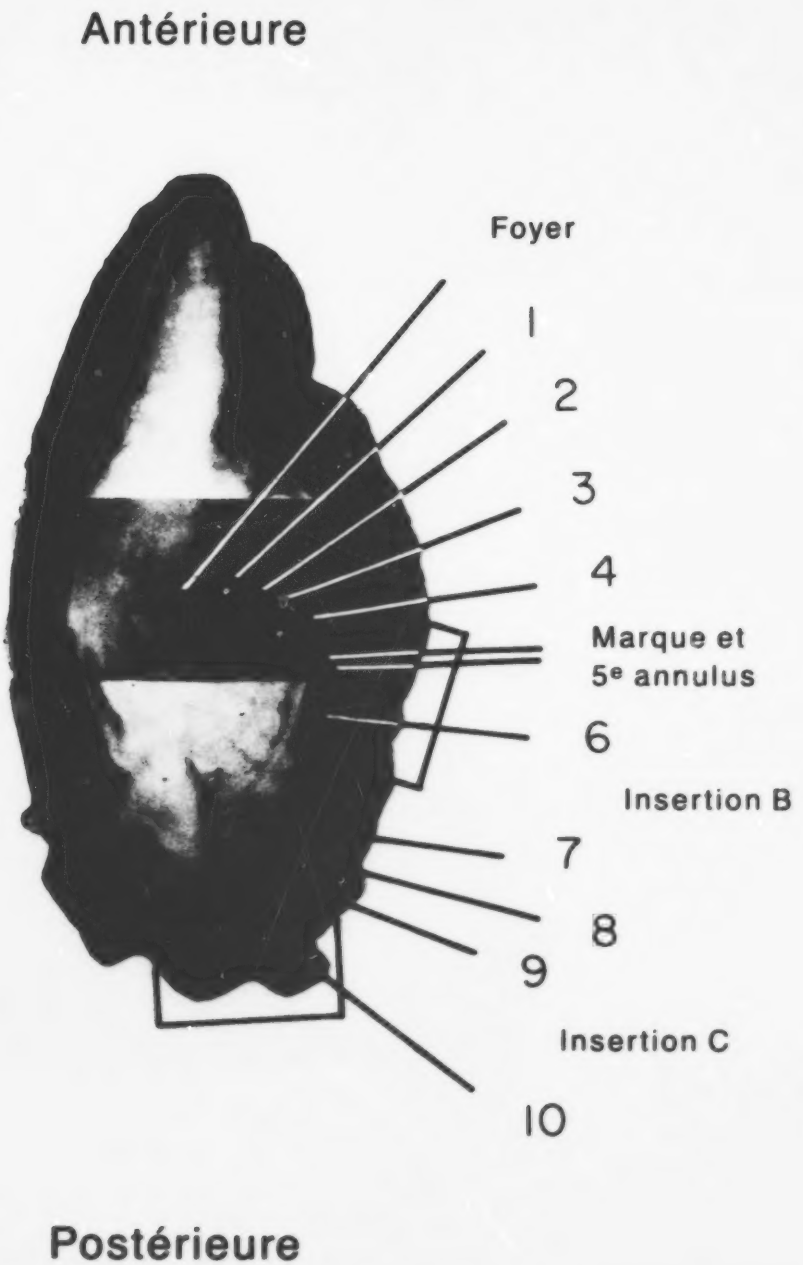
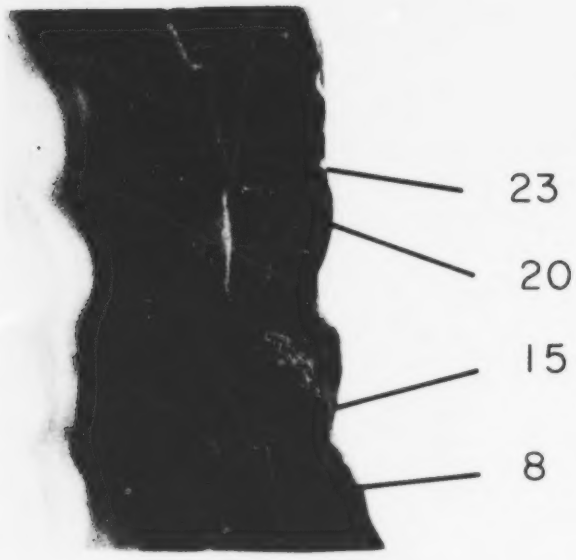


FIG. 53 (A) Foyer et premiers annuli d'une otolithe de sébaste à longue mâchoire. (B) Agrandissement du bord où les annuli rapprochés dénotent l'âge avancé que peut atteindre ce poisson. (C) Zone de dénombrement plus sûre puisque les annuli continuent de croître le long du lobe tandis qu'en (B) les annuli ne sont plus visibles sur cette partie de la surface.



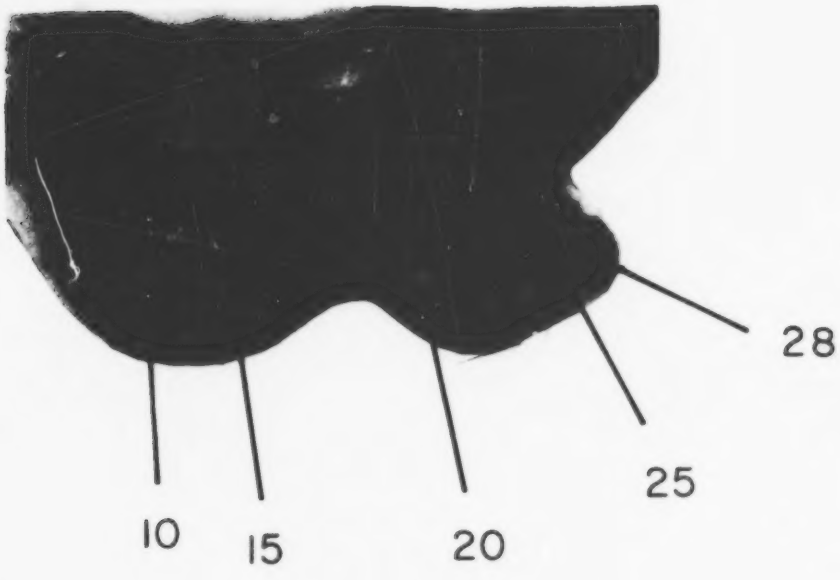


FIG. 53 Suite.

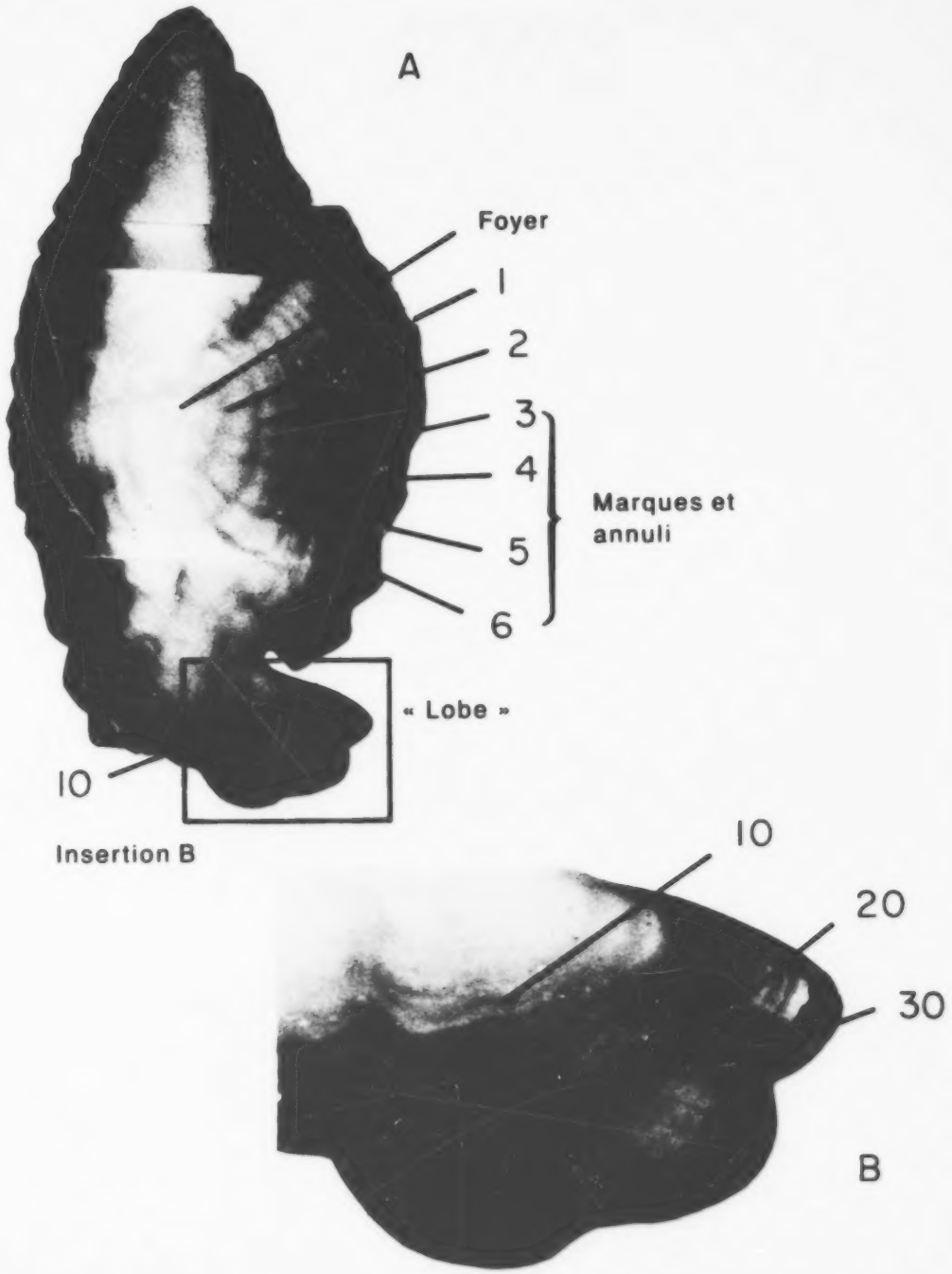


FIG. 54 (A) Surface d'une otolithe de sébaste à longue mâchoire avec lobe à l'extrémité postérieure. Des marques très rapprochées entre le troisième et le sixième annuli révèlent un ralentissement de la croissance. (B) Agrandissement du lobe révélant de nombreuses zones annuelles.

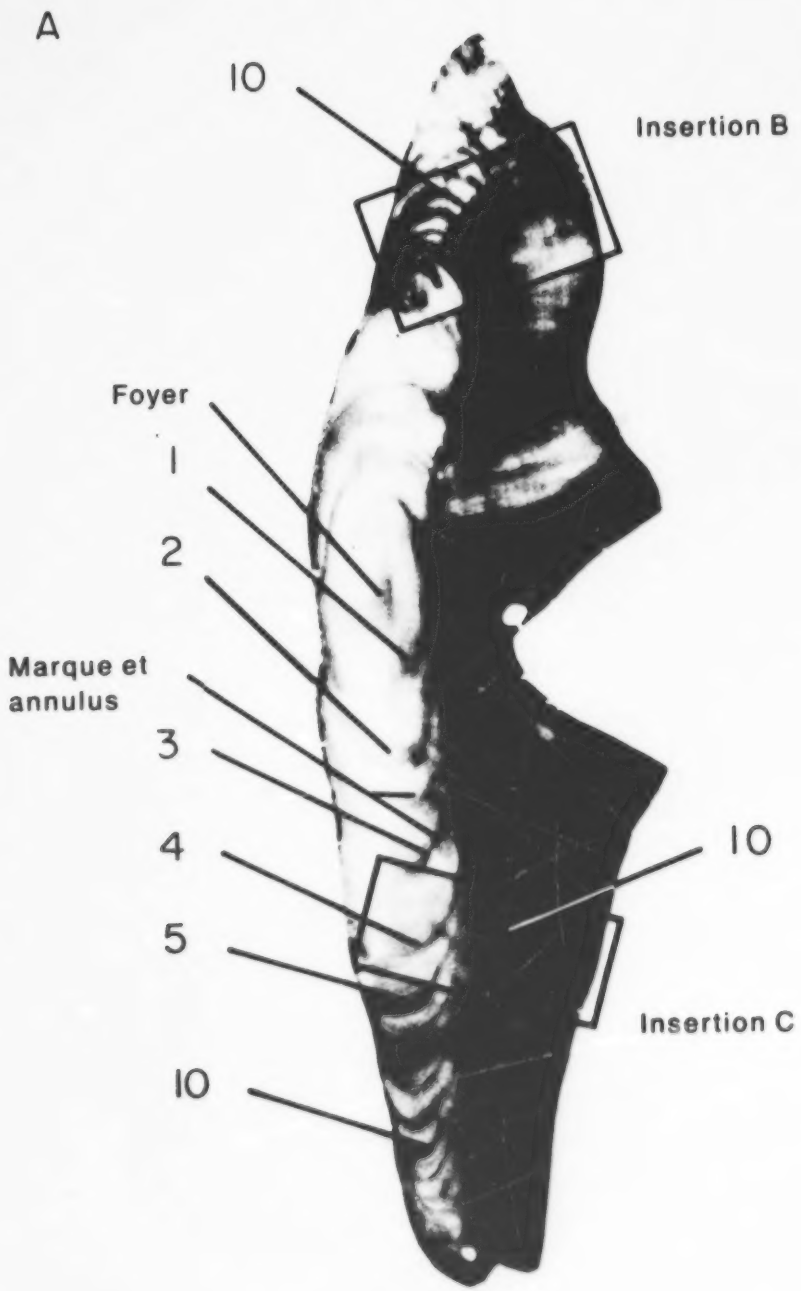
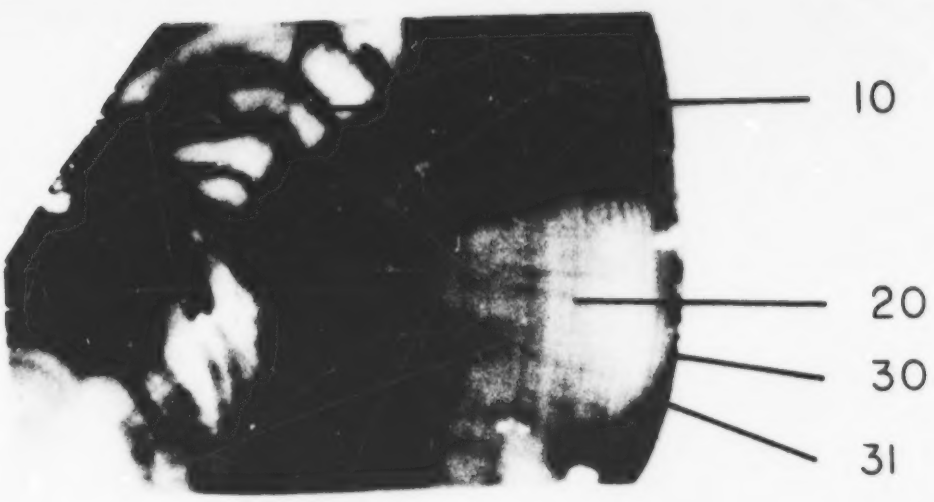


FIG. 55 (A–C) Coupe transversale brûlée d'une otolithe de sébaste argenté, révélant un foyer clair et des annuli bien espacés et agrandissements de zones de démembrement.



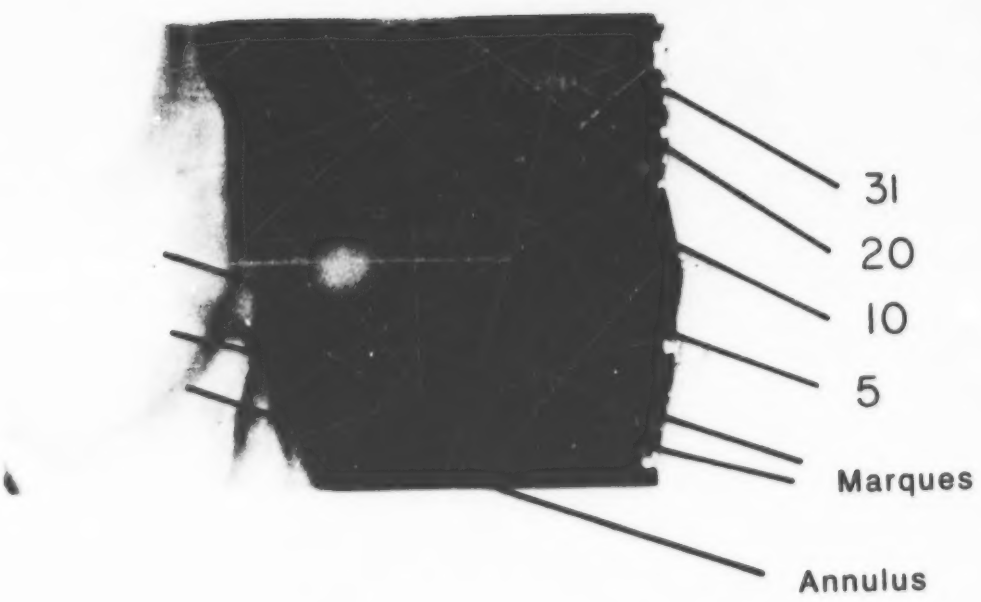


FIG. 55 Suite.

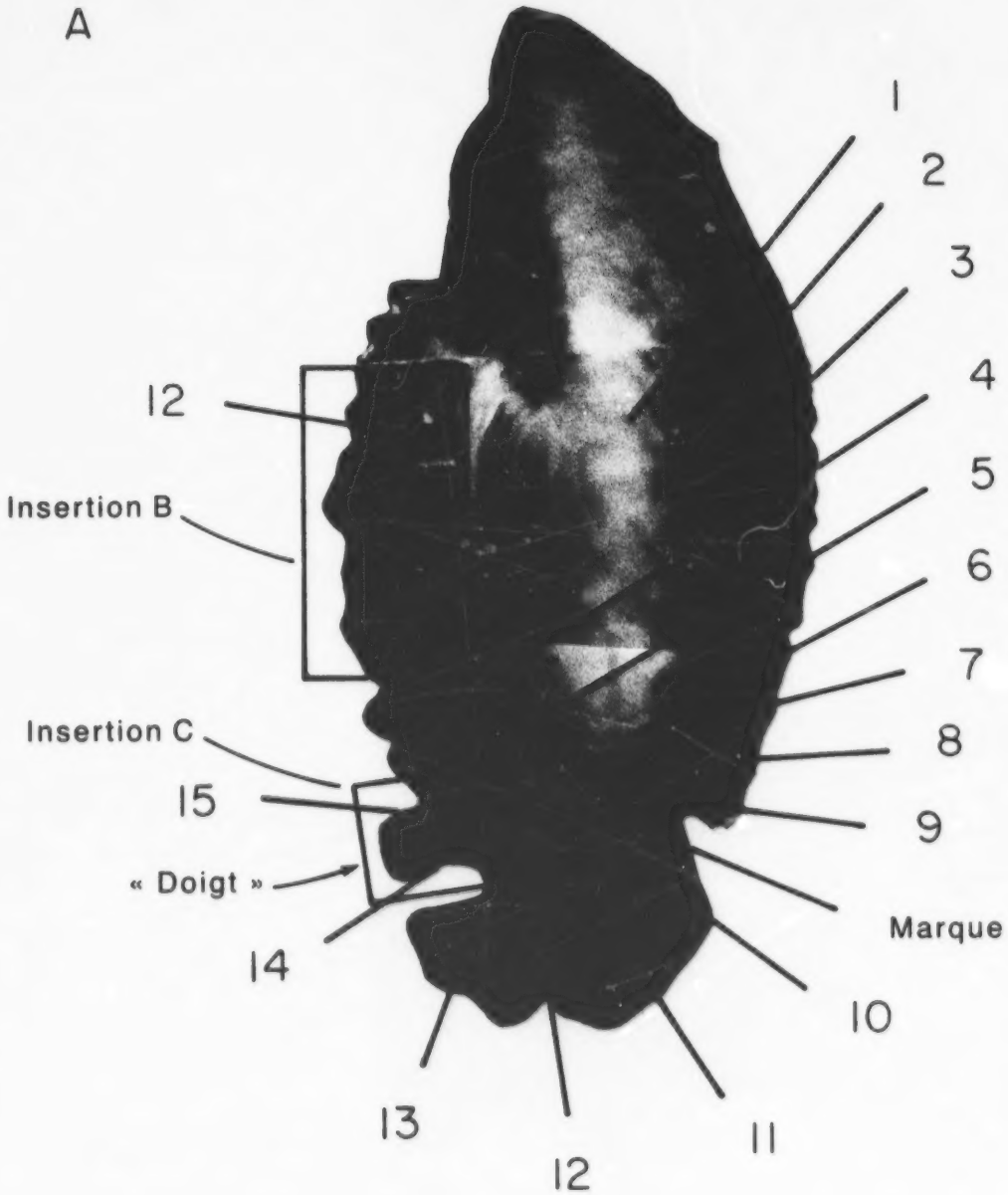


FIG. 56 (A) Croissances digitiformes sur une otolithe de sébaste argenté. (B,C) En (C), le « doigt » comprend des annuli supplémentaires difficiles à interpréter et qui n'apparaissent pas le long du bord ventral en (B), mais qui révèlent beaucoup plus d'années de croissance. Parce que les zones sont petites, il est difficile de différencier entre les marques et les annuli. L'âge attribué découle d'une interprétation du schème. La flèche pointant vers le trait indique une grande zone claire dont les annuli ne paraissaient pas sur la photo.

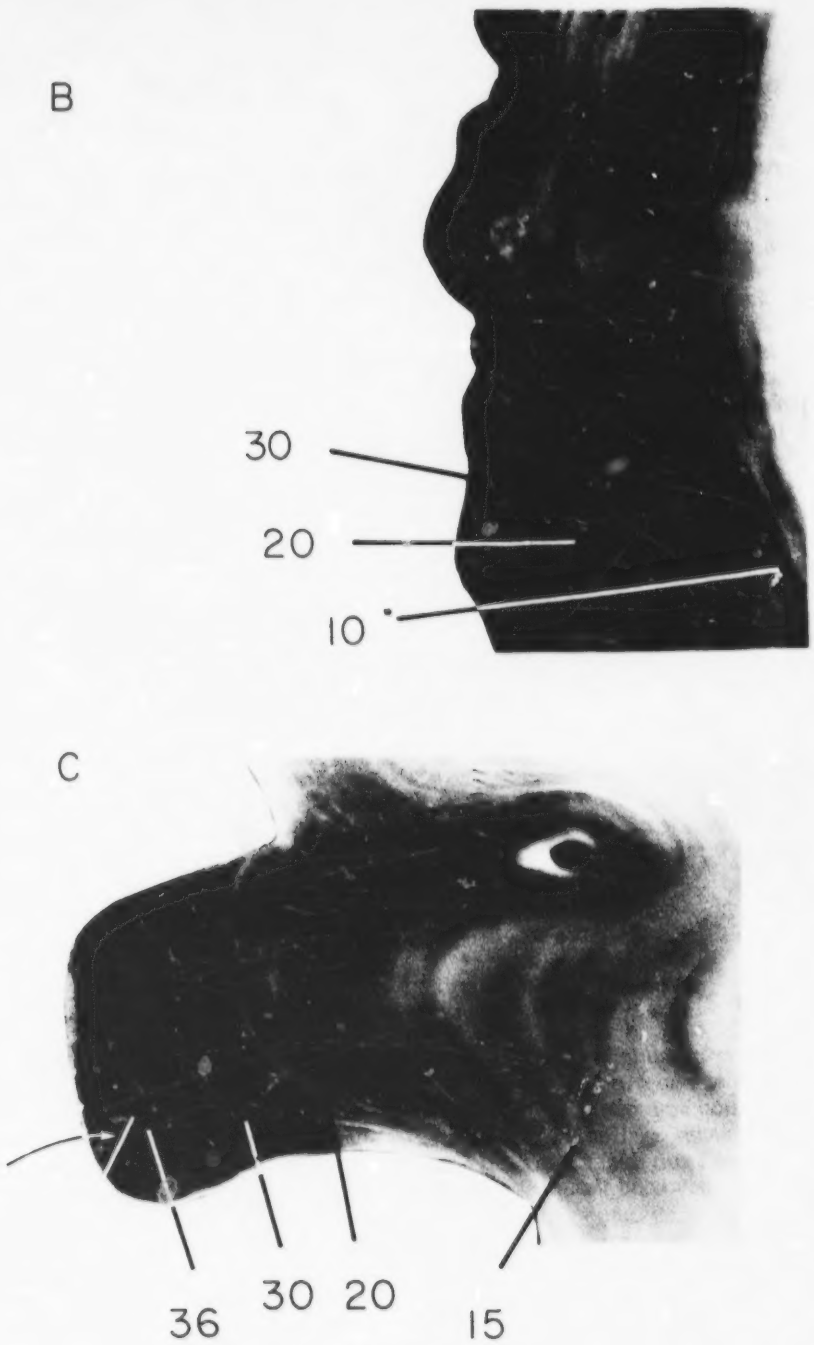


FIG. 56 Suite.

SÉBASTE À QUEUE JAUNE (*Sebastes flavidus*)

Des annuli clairs, qui se lisent habituellement sur les côtés ventral et dorsal de la sulcature (fig. 57A–D), apparaissent sur les otolithes cassées et brûlées. Le premier annulus est déposé à une distance considérable du foyer chez cette espèce parce qu'elle grossit rapidement durant la première année. Les quelques zones de croissance suivantes sont elles aussi plutôt larges et beaucoup contiennent plusieurs marques. La rupture et le brûlage rehaussent les annuli et rendent les marques moins évidentes (fig. 58A, 58B, 59A–C). En général, il est possible de suivre une bande distincte, considérée comme un annulus, le long de la coupe transversale brûlée jusqu'à la sulcature. Nous recommandons d'effectuer des coupes transversales minces si des problèmes d'interprétation du bord de la surface brûlée surviennent. Il est possible que la dernière zone de croissance ne soit visible qu'à l'extrémité dorsale.

La grande taille de la première zone de croissance à la surface de l'otolithe est caractéristique de cette espèce. Pendant les 4 à 5 a suivantes, les annuli restent généralement clairs, mais de nombreuses marques peuvent se former à l'extrémité postérieure au cours des années suivantes (fig. 60A–C). Six et Horton (1977) ont noté des écarts entre les lectures, écarts dus à la présence de ces marques après les quelques premières années et à la complexité des nombreuses zones de croissance entassées sur le bord de l'otolithe. Des annuli se forment sur le bord de la surface et sur la face interne, mais un examen de la surface ne les révèle pas toujours. La largeur des zones de croissance à la surface diminue graduellement. Après 13 à 15 ans, un épaississement se produit sur la face interne.

SÉBASTE CANARI (*Sebastes pinniger*)

Ce sébaste croît relativement vite et ses otolithes sont grosses. Les vrais annuli seront plus clairs si les otolithes sont cassées et brûlées, car les marques seront moins en évidence (fig. 61A–D). Sur la surface brûlée, le premier annulus, dont la proéminence et la distance du foyer peuvent varier, apparaît à l'extérieur d'une grande zone opaque. Après les quelques premières années, les annuli forment des zones denses autour de la sulcature, mais elles s'étendent vers les bords dorsal et ventral. Il peut se produire des problèmes d'interprétation, causés par des zones embrouillées ou foncées ou encore une extrémité trop brûlée. Si l'on ne peut pas déterminer l'âge, on doit effectuer une coupe transversale mince que l'on étudie à l'aide d'un grossissement supérieur.

La surface de l'otolithe révèle habituellement un schème régulier de croissance qui est en général distinct. Les vieilles otolithes peuvent cependant être troubles et contenir de nombreuses marques (fig. 62A, 62B). Chez les poissons de moins de 10 ans, les zones de croissance sont typiquement larges et claires. Le premier annulus, souvent peu précis entoure un petit foyer. Cela peut varier selon le stock. Les 10 premiers annuli contiennent souvent des marques accessoires, surtout sur la partie postérieure. Il est donc recommandé de les compter à partir du foyer, le long de la face dorsale et jusqu'à l'extrémité postérieure. Chez les otolithes âgées, des excroissances digitiformes se forment sur les bords dorsal et postérieur (fig. 62A). Ces doigts plats ne s'épaississent pas avec l'âge comme les autres parties de l'otolithe. Quand le sébaste canari atteint 20 ans, la formation de l'otolithe ralentit au point où seules des zones uniformément étroites peuvent dénoter une croissance sur les « doigts » (fig. 62B). Ces zones peuvent devenir opaques avec l'âge mais on peut parfois en accroître la clarté en plongeant l'otolithe pendant quelques secondes dans une solution faible de HC1. On examinera ensuite la structure à l'aide d'un microscope à dissection sous un grossissement d'une puissance de 25 ou 50. La gravure doit être effectuée avec soin car le bord se dissout facilement. En règle générale, il faut compter toutes les zones visibles sur les doigts et l'on compare les résultats à la lecture d'une moitié cassée et brûlée.

SÉBASTE À BOUCHE JAUNE (*Sebastes reedi*)

Les premiers annuli présents sur la surface cassée et brûlée peuvent contenir de nombreuses marques (fig. 63). Comme nous l'avons mentionné auparavant, le brûlage rehausse généralement la clarté des vrais annuli que l'on peut compter de la sulcature jusqu'au bord ventral ou dorsal. La largeur des autres zones de croissance diminue brusquement; elles forment des bandes translucides et opaques alternantes qui s'accumulent en zones très entassées le long du bord interne de la coupe de l'otolithe (fig. 64A). Plusieurs parties de la surface cassée et brûlée montrent des zones de croissance claires, faciles à compter (fig. 64B, 64C). Dans le cas contraire, on effectuera des coupes minces que l'on examinera à l'aide d'un microscope composé, sous un grossissement supérieur.

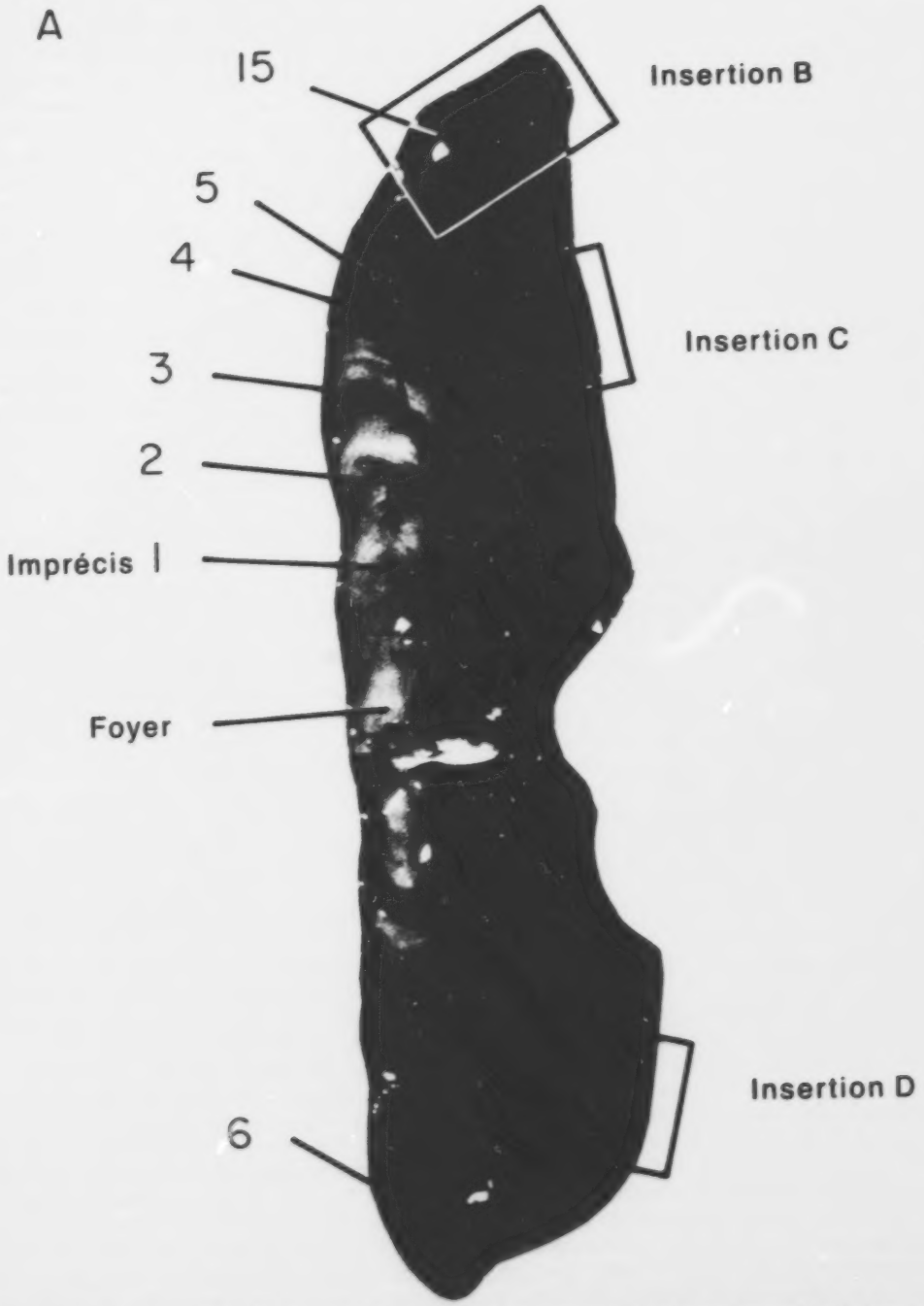


FIG. 57 (A–D) Coupe transversale brûlée d'une otolithe de sébaste à queue jaune âgé, où le premier annulus imprécis est suivi de zones de croissance bien délimitées, rehaussées par le brûlage; agrandissements de zones de dénombrement dont (C) est la plus claire.

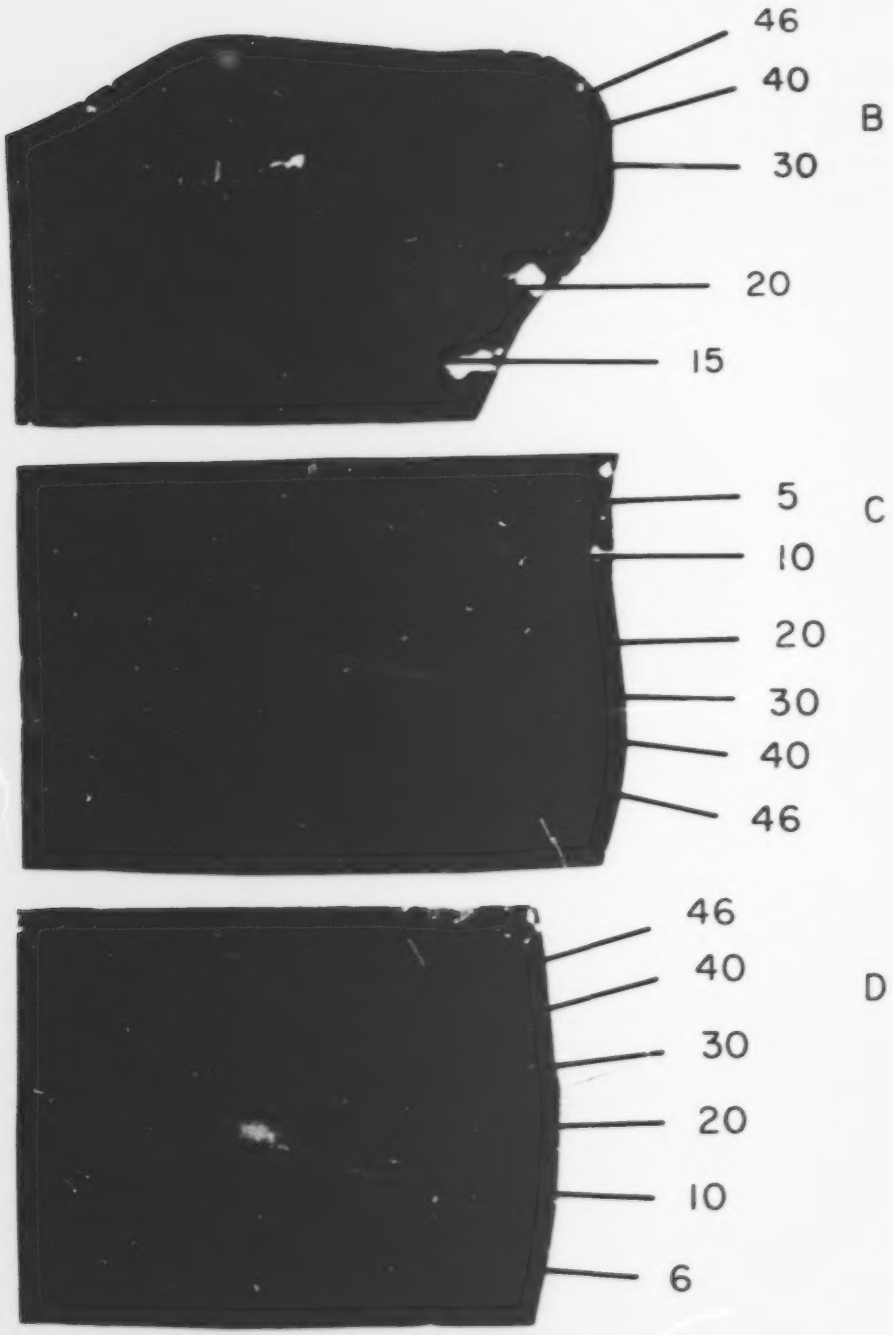


Fig. 57 Suite.

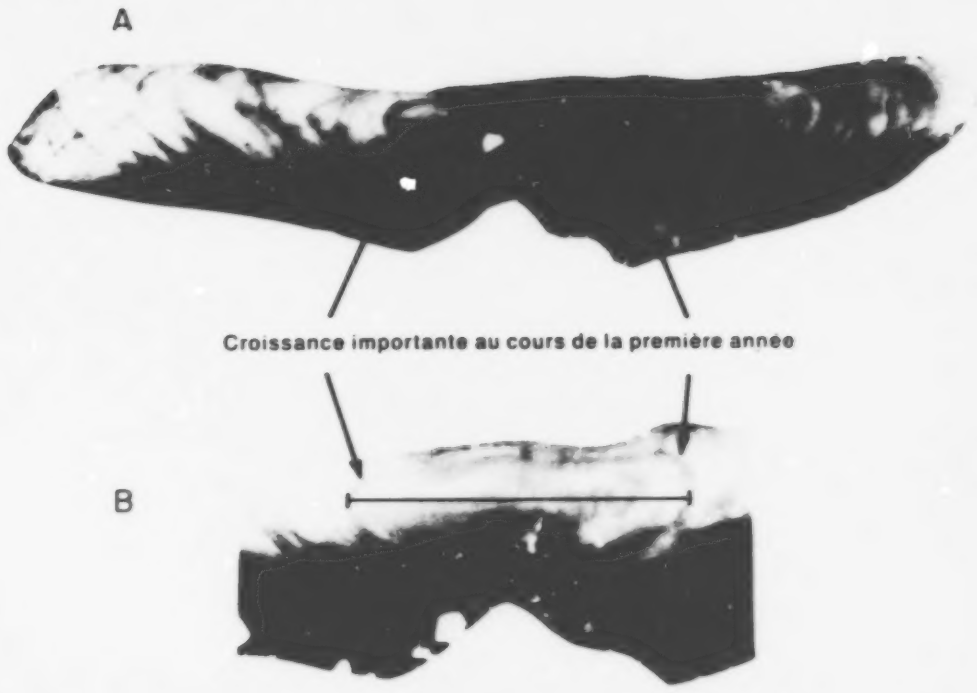


FIG. 58 (A,B) Partie cassée et brûlée d'une otolithe de sébaste à queue jaune montrant un premier annulus proéminent et les annuli suivants bien espacés.

Il est plus difficile de déchiffrer la surface de ces otolithes que celles des autres espèces de sébaste. Sur ce qui correspond aux quelque 7 ou 8 premières années, elles contiennent des zones de croissance plus ou moins larges qui peuvent être assez facilement comptées sur la surface externe. Au cours des années suivantes, avec le ralentissement de la croissance du poisson, ces zones deviennent irrégulières et tendent à s'accumuler sur les bords. Il devient alors difficile d'identifier précisément les annuli sur la surface de l'otolithe (fig. 65A-C).

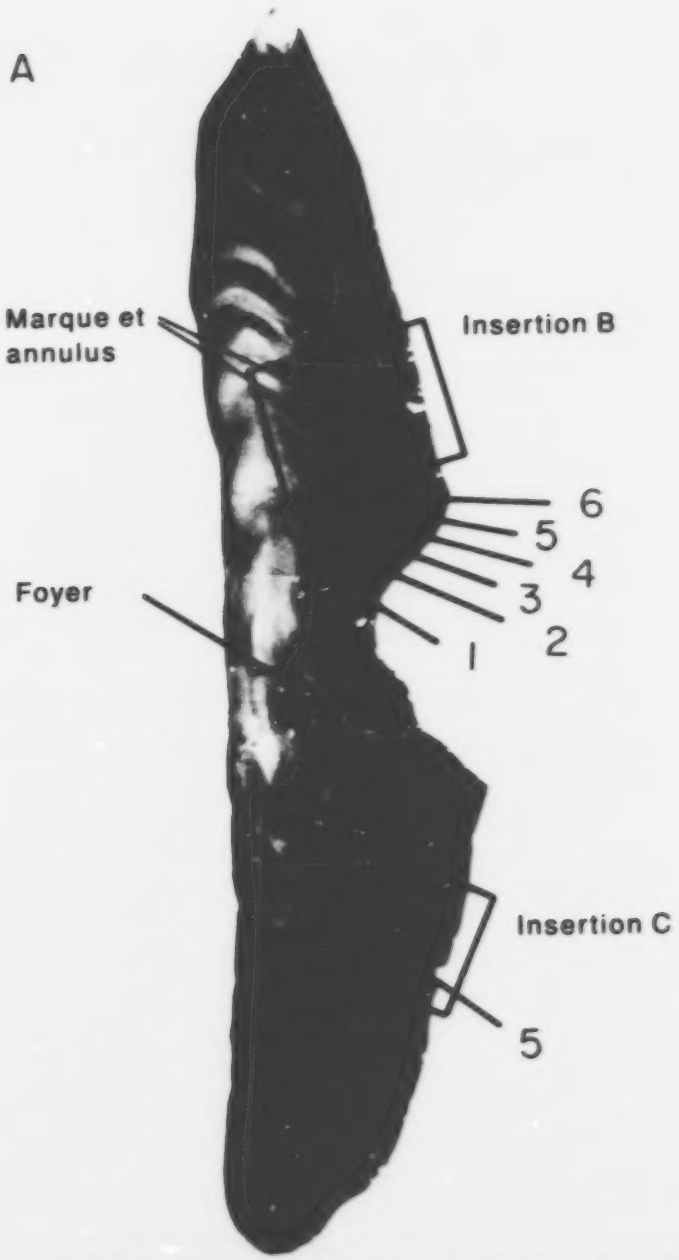


FIG. 59 (A–C) Coupe transversale brûlée d'une otolithe de sébaste à queue jaune dont le premier annulus, composé de plusieurs zones, est suivi d'un schème précis d'annuli. Les zones de croissance diminuent à mesure que le poisson vieillit. La zone de dénombrement illustrée en (B) est plus sûre que celle en (C).

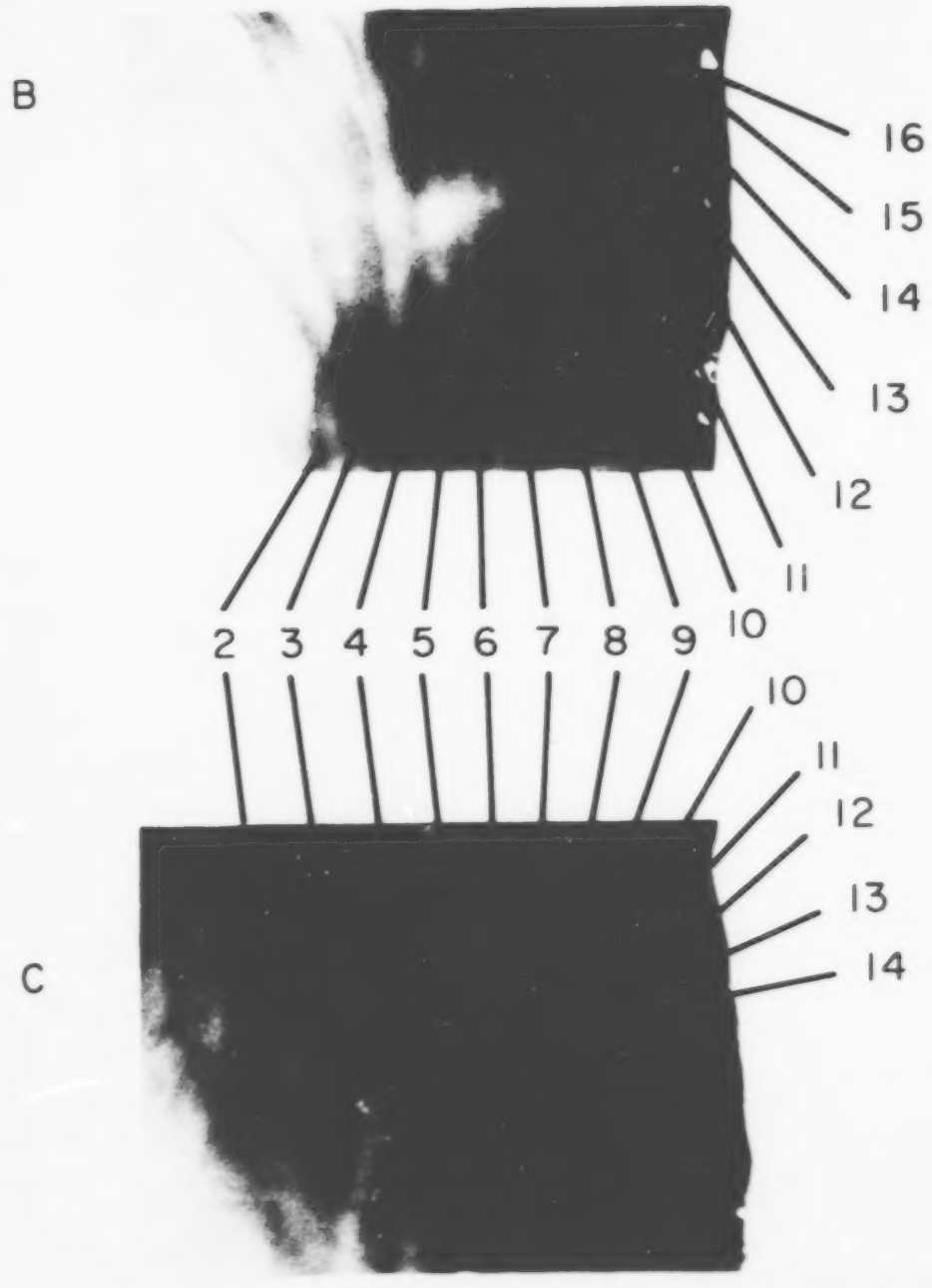


FIG. 59 Suite.

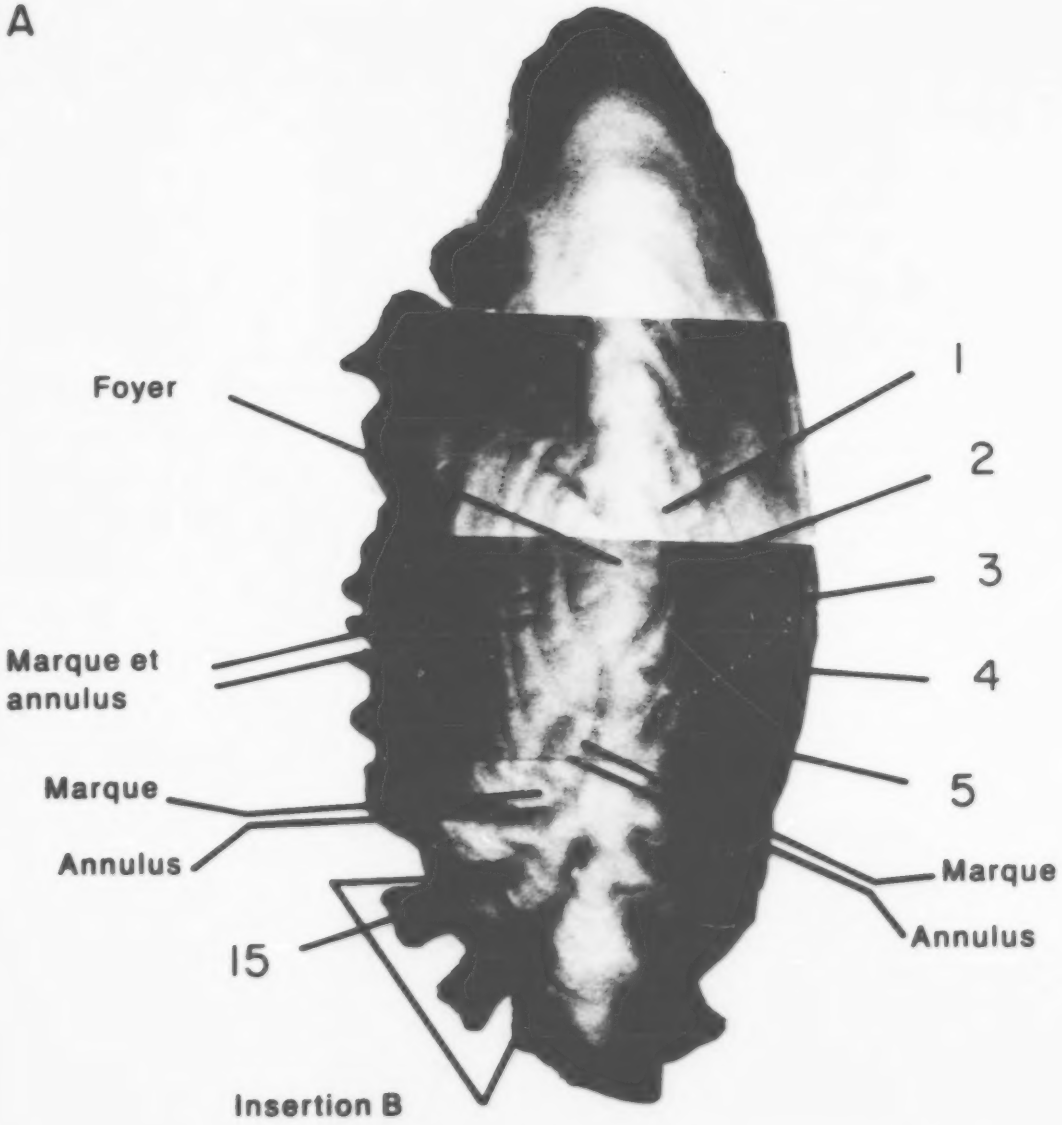
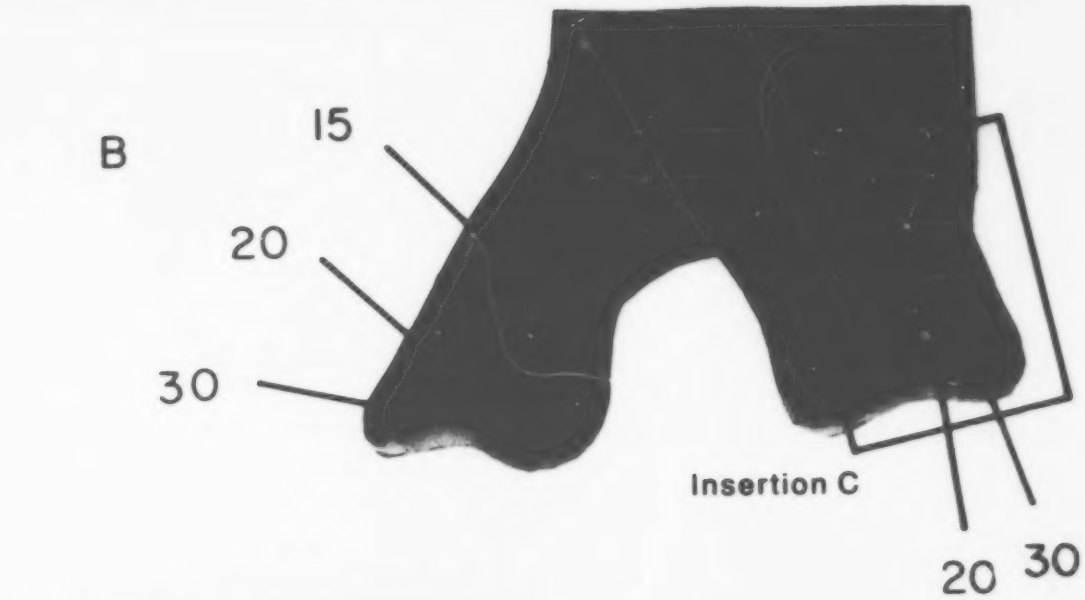


FIG. 60 (A–C) Otolithe de sébaste à queue jaune montrant l'importance de croissance de la première année et de nombreuses marques sur la partie postérieure. (B,C) Croissances digitiformes où paraissent d'abondantes petites zones de croissance.



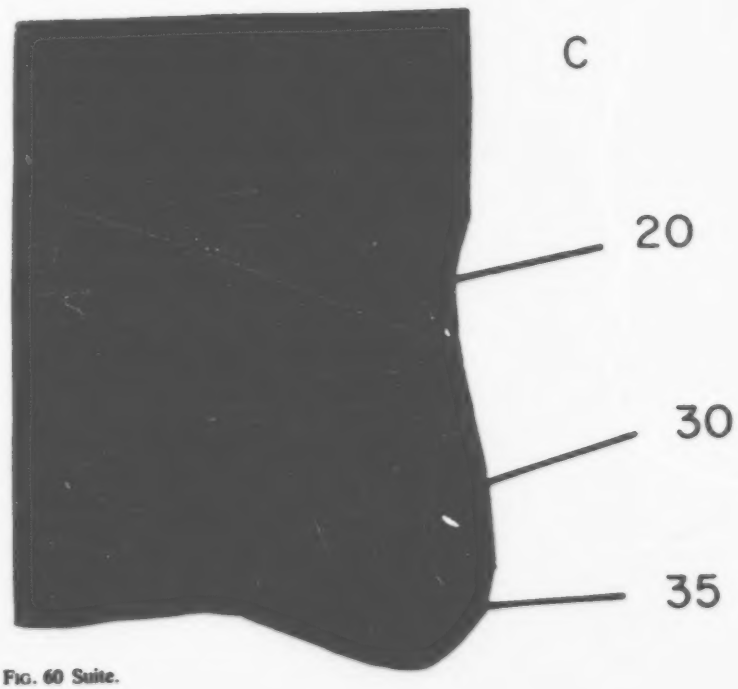


Fig. 60 Suite.

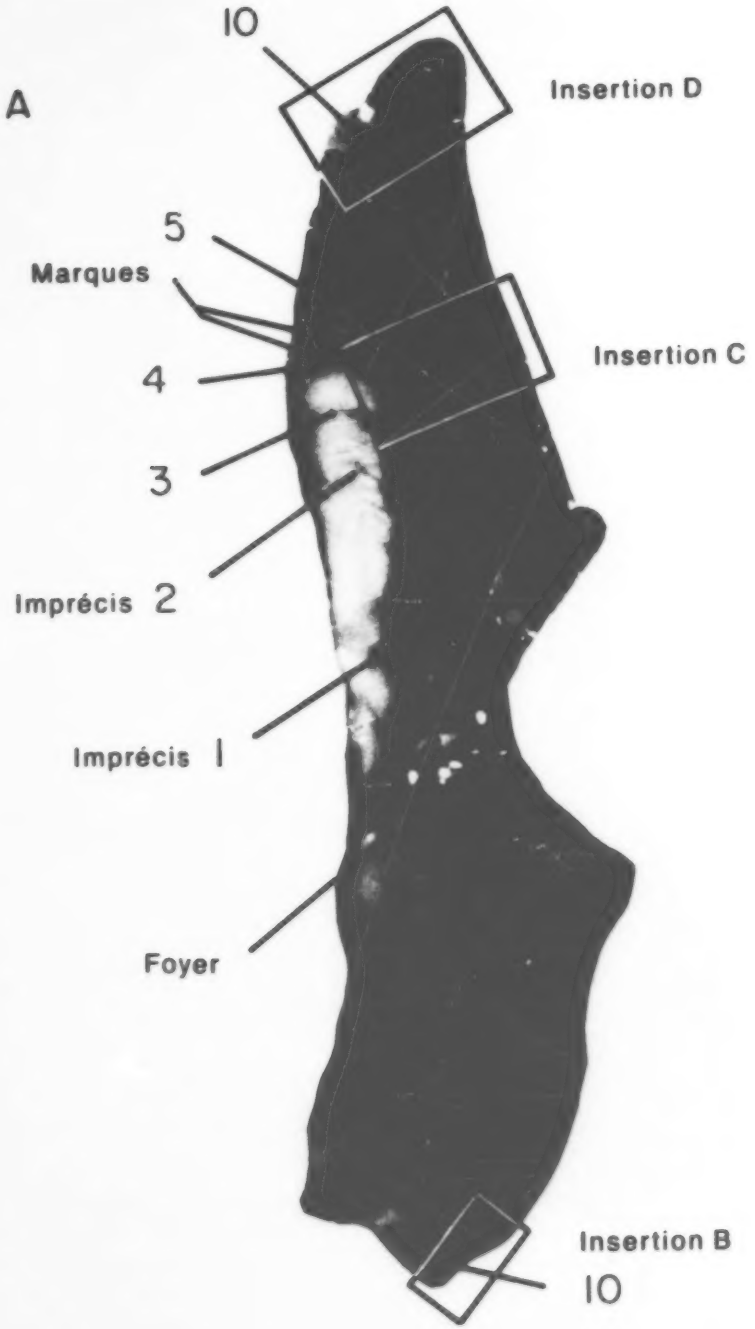


FIG. 61 (A–D) Coupe transversale d'une otolithe de sébaste canari et agrandissements de zones de dénombrement où le premier et le deuxième annuli imprécis sont suivis de zones de croissance rehaussées par le brûlage.

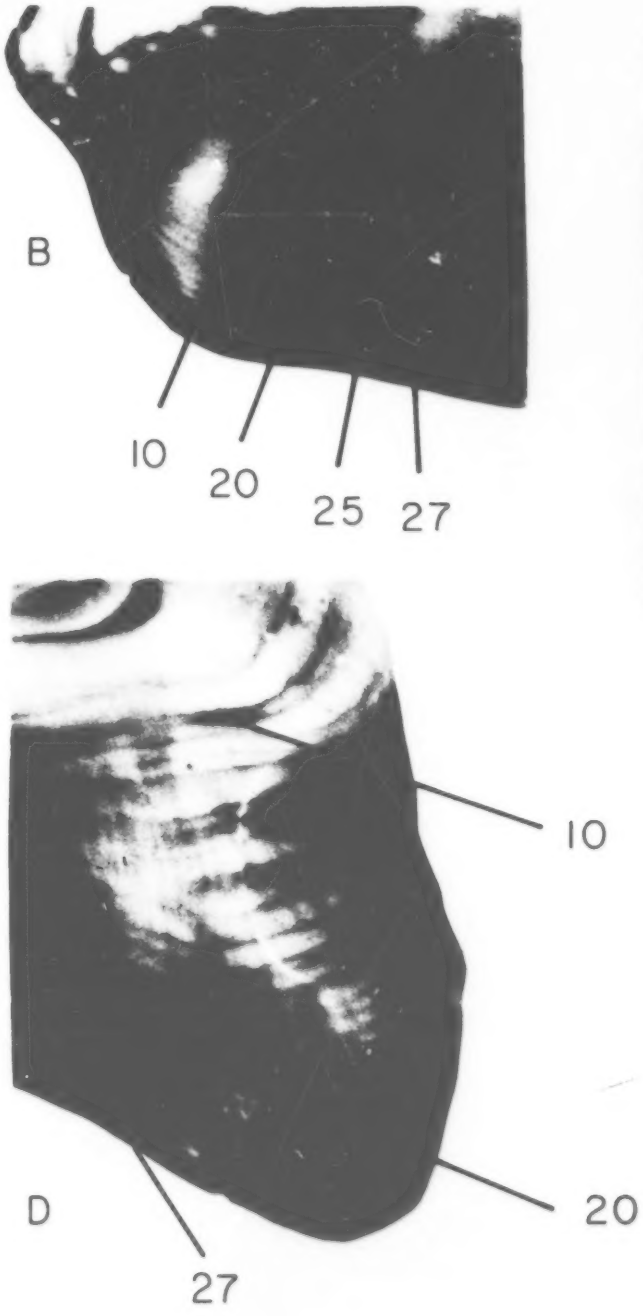


Fig. 61 Suite.

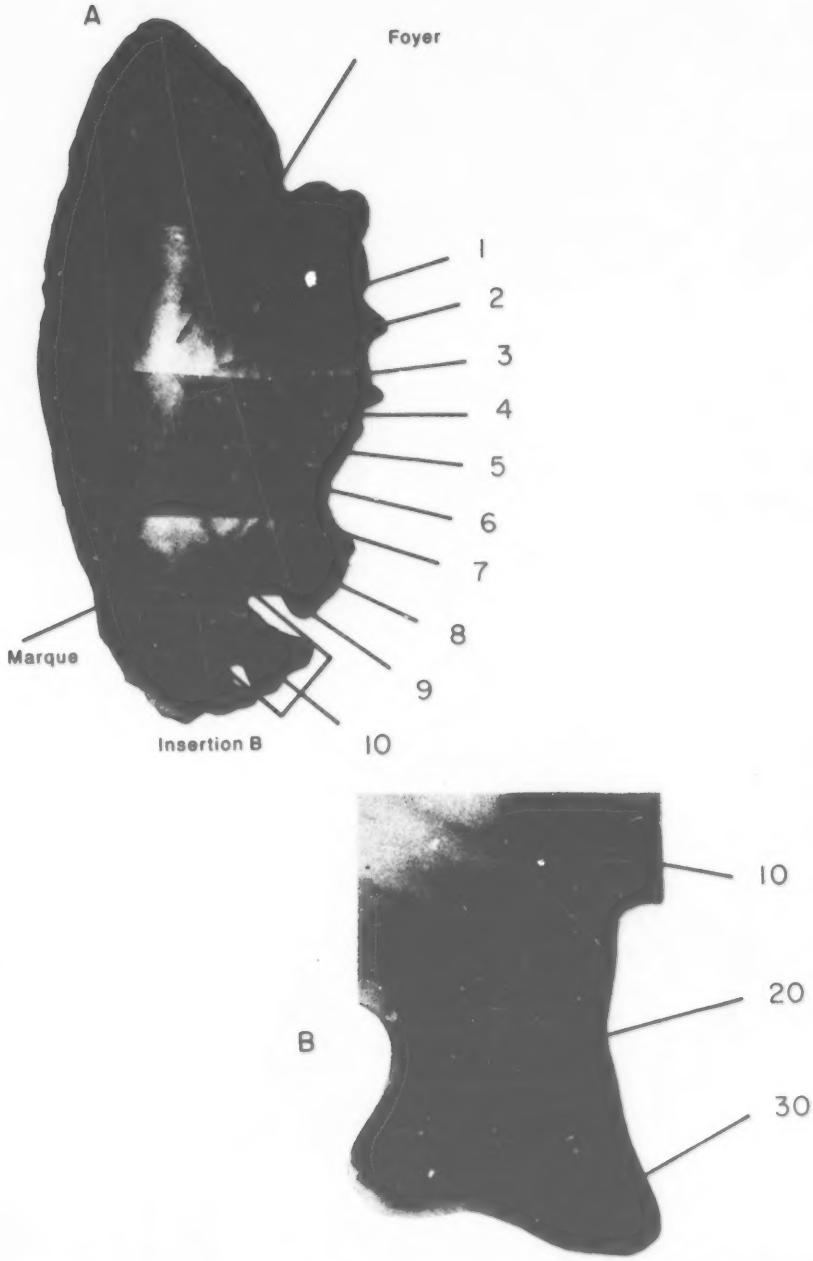


FIG. 62 (A,B) Otolithe de sébaste canari montrant des schèmes réguliers de croissance pour les premières années et des croissances digitiformes, illustrées en (B), à la partie postérieure; l'évaluation donne > 30 ans compte tenu du fait que les derniers annuli sont imprécis.

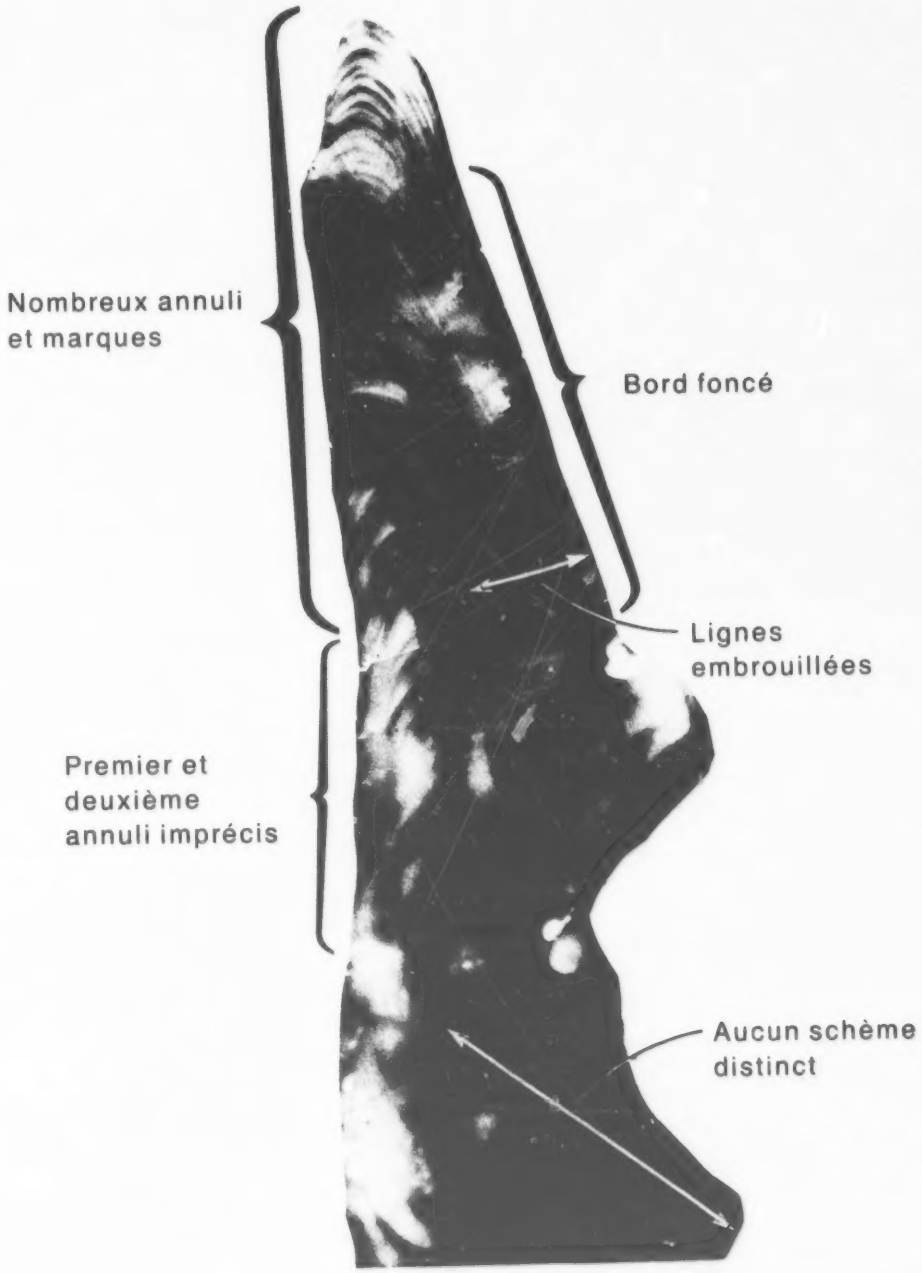


FIG. 63 Coupe transversale brûlée d'une otolithe de sébaste à bouche jaune illustrant quelques difficultés qui peuvent survenir au cours de la détermination de l'âge.

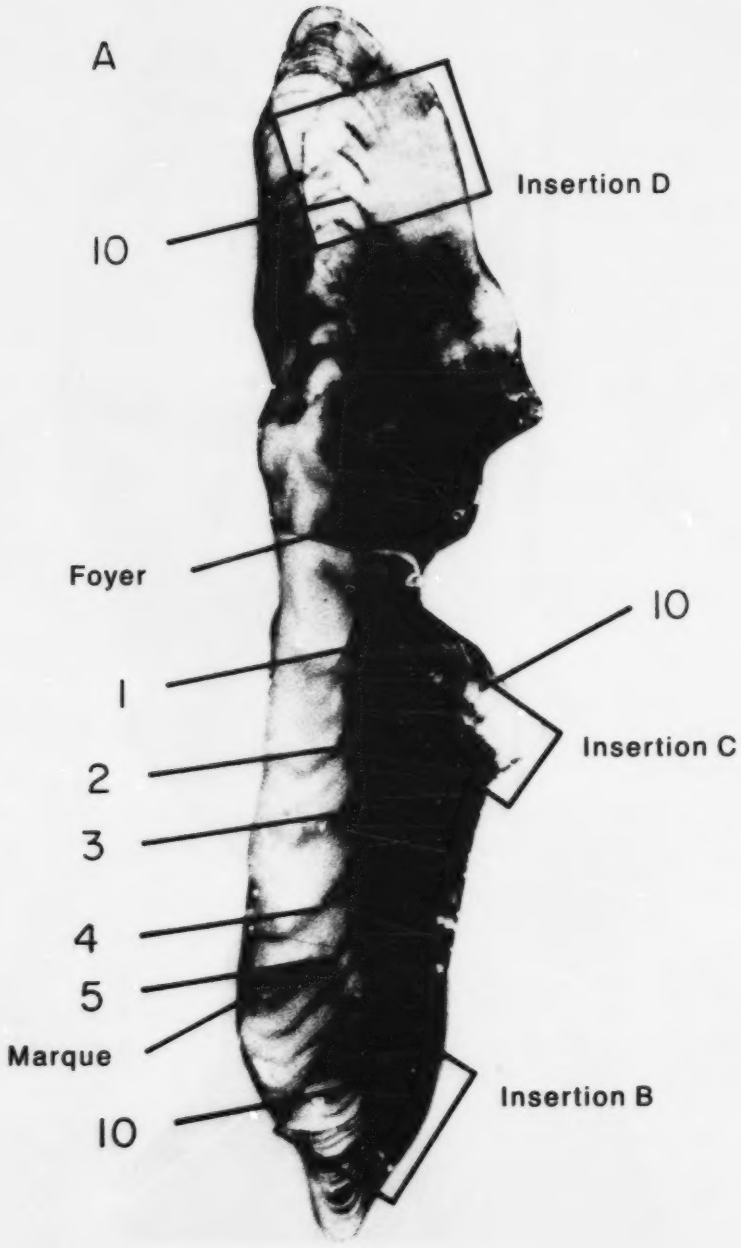


FIG. 64 (A–D) Coupe transversale brûlée d'une otolithe de sébaste à bouche jaune montrant un entassement des schèmes de croissance sur le bord interne; plusieurs parties, y compris le bord de la sulcature, peuvent servir à la détermination de l'âge (voir C).

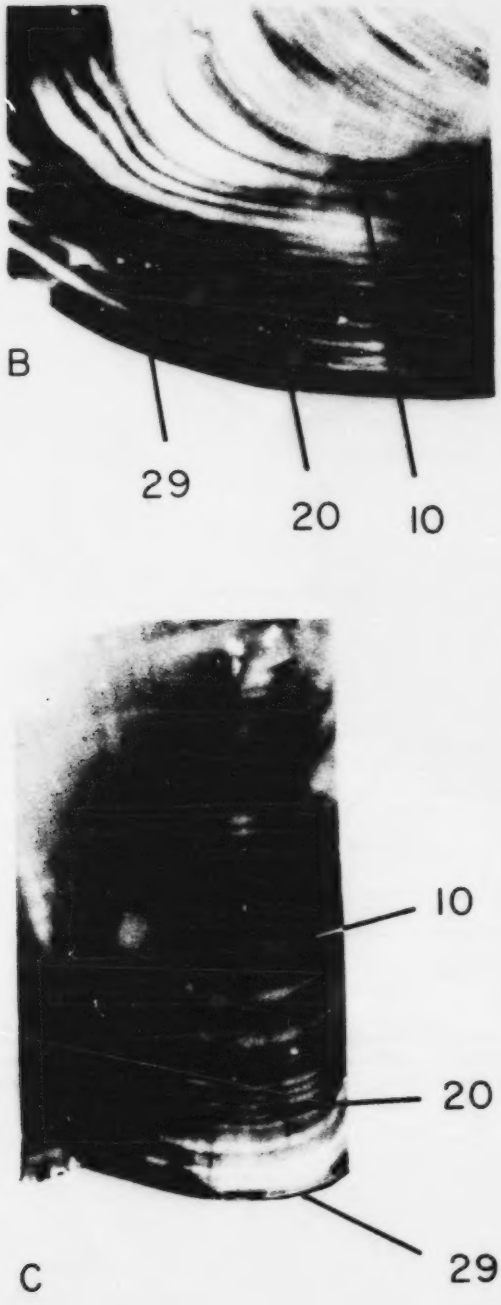


FIG. 64 Suite.

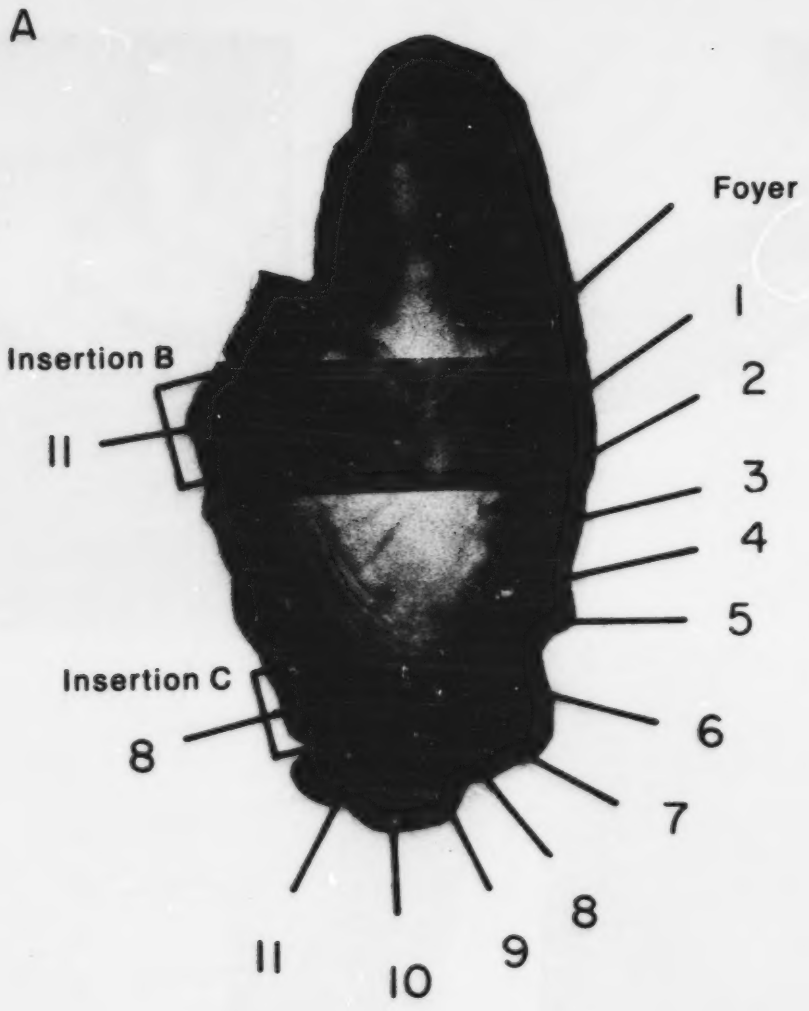
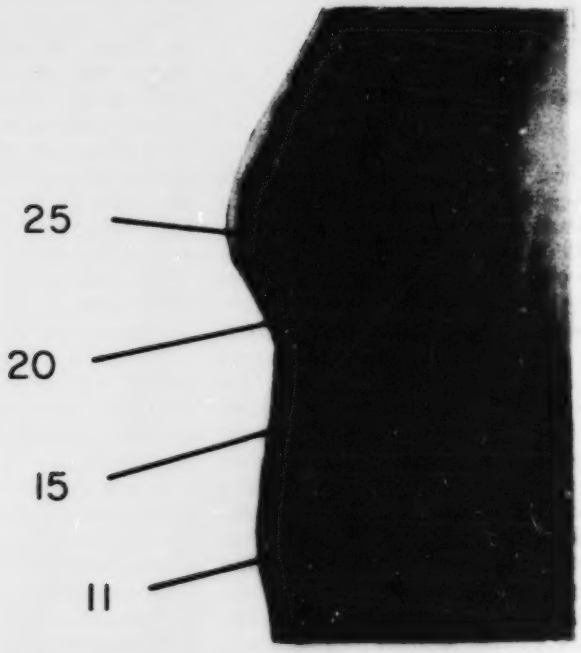


FIG. 65 (A–C) Otolithe de sébaste à bouche jaune et agrandissements des bords illustrant les problèmes occasionnés par le schème irrégulier sur la surface externe. (A) De nombreuses zones constituent les deuxième et troisième annuli et beaucoup de marques apparaissent le long de la zone dorsale. (B) Les annuli ne se manifestent que jusqu'à ~ 25 ans. (C) Les annuli sont évidents jusqu'à 30 ans.

B



C

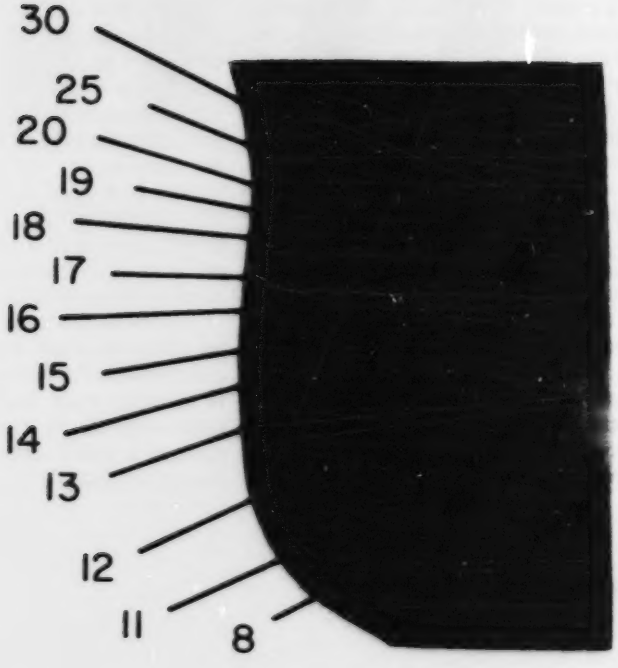


Fig. 65 Suite.

SQUALIDAE

AIGUILLAT COMMUN (*Squalus acanthias*) (Ketchen 1975)

Peu de données ont été publiées sur l'âge et la croissance de l'aiguillat à cause des problèmes que pose la détermination de l'âge de cette espèce. Kaganovskaia (1933) et Holden et Meadows (1962) furent parmi les premiers à tenter d'en déterminer l'âge, et Ketchen (1975) a perfectionné leurs méthodes en utilisant la deuxième épine dorsale. Malgré la mise au point d'une technique, les laboratoires ne semblent pas l'appliquer systématiquement. De plus, cette méthode n'a pas été validée pour toutes les classes d'âge de la population.

L'aiguillat possède deux épines, chacune située devant une nageoire dorsale. L'épine prend naissance dans la colonne vertébrale, traverse les muscles dorsaux et la peau et pointe obliquement vers l'arrière. On utilise la deuxième épine, ou épine postérieure, pour déterminer l'âge du poisson car elle est plus grosse et moins sujette à l'usure (fig. 66). L'épine est triangulaire en coupe transversale et la partie exposée est recouverte d'un émail sur les deux faces convexes. Les faces antérieures recouvertes d'émail contiennent une série de bandes foncées et de crêtes qui se prolongent de la base de l'épine dénudée jusqu'à l'extrémité. On considère chacune de ces bandes foncées, qui forment aussi des crêtes, comme un annulus. Des données inédites que nous avons recueillies portent à croire que ces bandes foncées sont formées par une concentration de la couche d'émail résultant du ralentissement de la croissance de l'épine.

Nous étudions habituellement environ 2 000 épines par année selon la méthode décrite ci-après.

Les trois coupes nécessaires pour enlever l'épine sont effectuées de la façon suivante : une de chaque côté du bord antérieur et la troisième en arrière de l'épine entre la nageoire et l'épine. Toutes les coupes doivent atteindre la base de l'épine où elle s'unit à la vertèbre. On doit prendre soin de ne pas endommager l'émail quand on enlève la chair de l'épine au moment de l'ablation. Placer les épines dans des enveloppes à monnaie de papier kraft et les congeler jusqu'au moment où elles pourront être séchées de 3 à 5 jours à la température de la pièce. Les retirer de l'enveloppe et enlever la chair et la peau séchées en les grattant, tout en prenant soin de ne pas enlever ni ébrécher l'émail. Frotter vivement avec un essuie-tout afin de faire ressortir les annuli.

La base de l'épine, enchâssée dans la musculature dorsale, ne contient aucun annulus. Elle est utilisée pour tenir l'épine pendant le nettoyage et le comptage. On examine l'épine, que l'on tient dans la main, à l'aide d'un grossissement peu élevé (10X, 12X), avec une source de lumière située directement au-dessus. Toutes les bandes surélevées visibles et les bandes larges peu précises sont comptées. L'espacement entre les bandes et les ombrages est généralement irrégulier. Les bandes moins distinctes sont en général déposées pendant les 5 à 7 premières années, tandis que les annuli formés plus tard sont soulevés et compacts. Ces derniers peuvent constituer une série de petites bandes resserrées qui doivent être comptées individuellement et non comme un groupe ou une série de groupes.

Ketchen (1975) décrit l'usure de l'épine et le calcul des annuli dans la zone émoussée. Par suite de l'usure de l'extrémité, l'émail est complètement enlevé ou il ne reste que des ombrages partiels des crêtes. La position du dernier annulus complet qui peut être compté est considérée comme le point non usé. Le diamètre de l'épine y est mesuré à l'aide d'un vernier (précision de 0,05 mm), et on le compare à une courbe élaborée par Ketchen (1975). On évalue directement de la courbe le nombre d'annuli perdus par suite de l'usure et ce nombre est additionné au nombre d'annuli déjà comptés.

Quoiqu'il n'y ait pas encore eu de validation, les résultats d'une étude préliminaire d'étiquetage comprenant l'injection d'OTC révèlent que ce que la méthode avait évalué comme quantité de croissance annuelle de l'épine avait été déposé après la marque à l'OTC chez un poisson qui avait été en liberté pendant 10 mo (fig. 67).

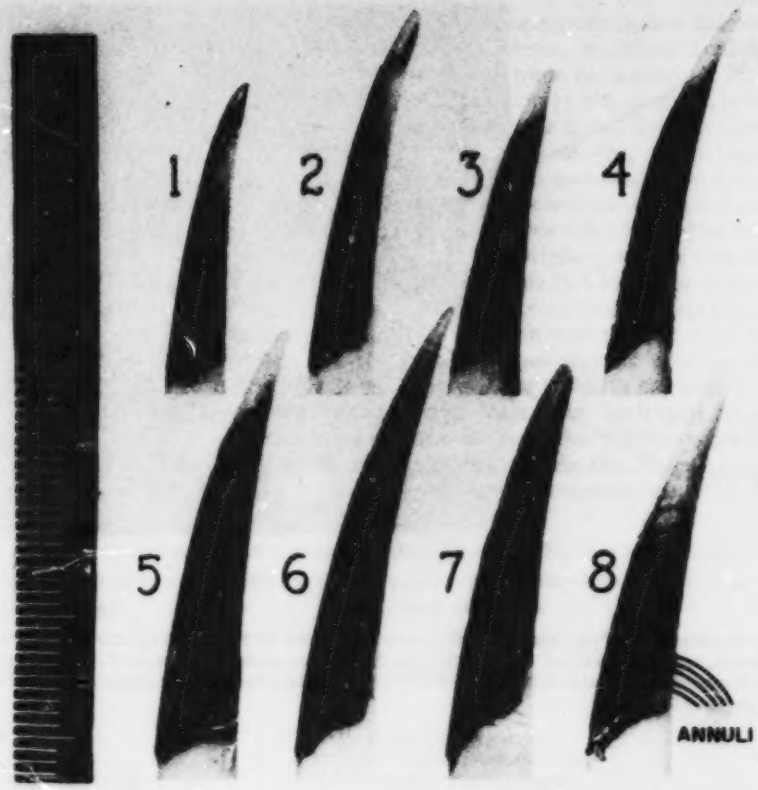


FIG. 66 Vue latérale de la seconde épine dorsale d'aiguillats communs femelles (échelle en centimètres) dont voici la longueur et l'âge approximatifs: (1) 39 cm, 2 ans; (2) 69 cm, 16 ans; (3) 82 cm, 24 ans; (4) 89 cm, 31 ans; (5) 93 cm, 22 ans; (6) 104 cm, 43 ans; (7) 109 cm, 42 ans; (8) 113 cm, 46 ans (l'âge de tous les spécimens sauf les n[os] 1 et 2 a été établi à l'aide des techniques décrites dans le texte (photographie fournie par Ketchen 1975)).

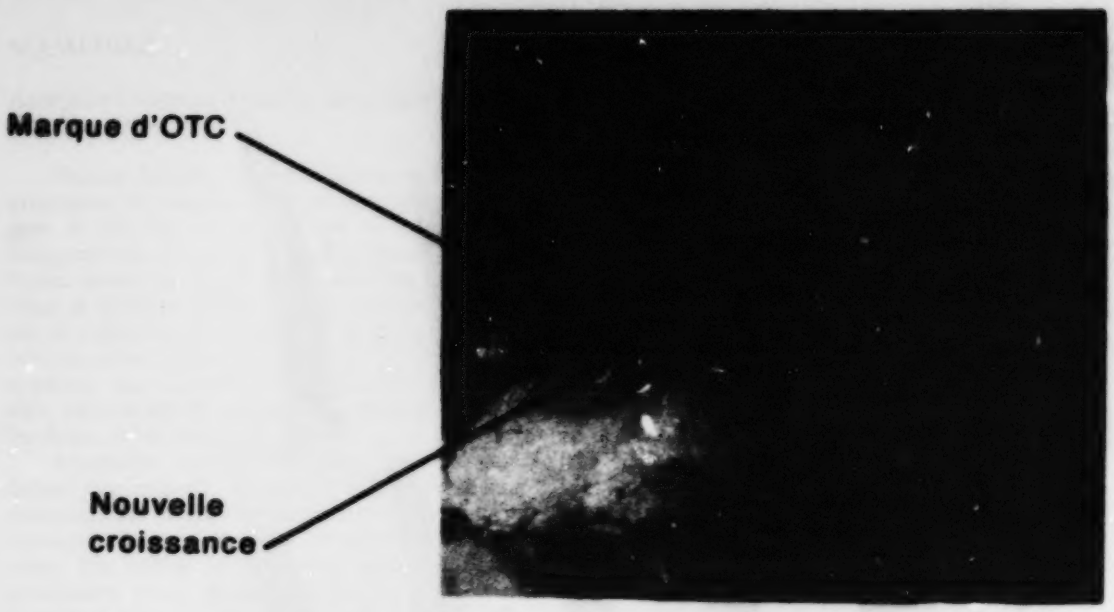


FIG. 67 Photographie en ultra-violet d'une épine d'aiguillat commun femelle de 101,1 cm étiquetée et injectée d'oxytétracycline (OTC) en avril 1980 et recapturée à 102,4 cm en février 1981. Une fluorescence jaune se dégage de l'OTC sous lumière ultraviolette. La nouvelle croissance formée de l'autre côté de la marque d'OTC est semblable à la croissance annuelle observée chez la plupart des aiguillats communs âgés (fig. 66, n°3).

Sommaire

Le présent manuel constitue un exposé préliminaire des techniques utilisées dans notre laboratoire pour déterminer l'âge des poissons. Pour produire cette première ébauche, nous avons abrégé quelques descriptions et omis certaines données. Nous fournirons plus de détails au sujet des interprétations dans les ébauches ultérieures et nous ajouterons des méthodes encore expérimentales ou des techniques appliquées à d'autres espèces.

Nous tenons à souligner qu'un grand nombre de méthodes n'ont pas été validées pour l'espèce désignée et la plupart ne l'ont pas été pour les stocks individuels. Dans de tels cas, il faudrait étudier plus d'une structure afin d'obtenir des lectures uniformes. On ne peut cependant être sûr de la précision, même si l'on obtient l'uniformité, que si l'on peut élaborer une méthode de validation pour toutes les classes d'âge. Nous tentons actuellement de confirmer certaines de nos techniques.

La variation des âges générés par nos méthodes est plus élevée que celle déterminée précédemment pour la plupart des espèces étudiées. Les âges maximums obtenus modifient considérablement notre compréhension de la durée de vie possible des poissons (tableau 1). Par exemple, nous avons déterminé qu'un sébaste à œil épineux (*Sebastes aleutianus*) était âgé de 140 ans, ce qui représente un record pour tous les poissons. Nous avons aussi découvert que d'autres espèces de poisson pouvaient atteindre des âges élevés. Chez les espèces énumérées au tableau 1, 43 % atteignent de 50 à plus de 100 ans et 48 % sont âgées de 20 à 49 ans. Seulement 9 % des espèces ont un âge maximum inférieur à 20 ans.

On peut soutenir que notre interprétation n'est peut-être pas correcte pour les espèces dont nous n'avons pas validé la méthode de détermination de l'âge, mais il est également possible de rétorquer que la base des interprétations antérieures était encore plus réfutable. Pour une raison quelconque, peut-être la conséquence de l'utilisation incondi-

Tableau 1. Âges maximums déterminés par les méthodes décrites dans le présent rapport.

Famille et nom commun	Nom scientifique	Âge maximum (ans)
Anoplopomatidae		
Morue charbonnière	*Anoplopoma fimbria*	53
Gadidae		
Morue du Pacifique	*Gadus macrocephalus*	8
Merlu du Pacifique	*Merluccius productus*	23
Morue du Pacifique occidental	*Theragra chalcogramma*	9
Hexagrammidae		
Morue-lingue	*Ophiodon elongatus*	21
Pleuronectidae		
Plie à grande bouche	*Atheresthes stomias*	22
Sole du Pacifique	*Lepidopsetta bilineata*	25
Sole	*Microstomus pacificus*	45
Sole anglaise	*Parophrys vetulus*	22
Scorpaenidae		
Sébaste à œil épineux	*Sebastes aleutianus*	140
Sébaste à longue mâchoire	*Sebastes alutus*	90
Sébaste boréal	*Sebastes borealis*	120
Sébaste argenté	*Sebastes brevispinis*	80
Sébaste tacheté	*Sebastes crameri*	47
Veuve	*Sebastes entomelas*	58
Sébaste à queue jaune	*Sebastes flavidus*	64
Bocaccio	*Sebastes paucispinis*	36
Sébaste canari	*Sebastes pinniger*	75
Sébaste à raie rouge	*Sebastes proriger*	41
Sébaste à bouche jaune	*Sebastes reedi*	71
Sébaste arlequin	*Sebastes variegatus*	43
Sébaste à menton pointu	*Sebastes zacentrus*	45
Squalidae		
Aiguillat commun	*Squalus acanthias*	66

tionnelle des écailles, les halieutistes semblent toujours avoir eu l'impression que la plupart des poissons ne vivaient pas très longtemps et étaient généralement âgés de 5 à 15 ans. Quand on étudiait une structure dont le schème de croissance portait à croire que le poisson était plus âgé, on considérait souvent les zones inexpliquées comme des « marques » ou on assumait que plus d'une zone complète de croissance se formait chaque année. Selon nous, les zones de croissance régulières et proéminentes que nous appelons annuli ne peuvent pas être des marques, lesquelles ne sont que des fragments de zones de croissance. Notre interprétation a été directement confirmée pour certains groupes d'âge de quelques espèces (Beamish et Chilton 1982; Cass et Beamish 1982; Archibald *et al.* 1982). De plus, l'analyse des concentrations naturelles de radionucléides dans les otolithes a confirmé notre conclusion que les scorpènes peuvent être très âgées (Bennett *et al.* 1982). Jusqu'à ce que les techniques soient validées, nous croyons qu'il n'existe aucune raison pour rejeter nos interprétations. Nous avons fourni des données permettant de croire que les poissons décrits dans le présent rapport peuvent être plus âgés qu'on ne le croyait.

Selon Leaman et Beamish (1982), la gestion des stocks pourrait subir d'importantes répercussions si l'on ne reconnaissait pas le fait que des espèces peuvent avoir une très grande longévité.

En dernier lieu, soulignons qu'on ne doit jamais tenir pour certain le processus de détermination de l'âge des poissons. Toutes les méthodes sont, jusqu'à un certain point, qualitatives et nécessitent une évaluation continue.

Remerciements

Nous désirons remercier sincèrement Shayne MacLennan, pour ses suggestions utiles et sa compétence technique en photographie et en dessin, Cathy Manson, pour son étude des anneaux de croissance quotidienne, ainsi que Wendy Mitton, Dawn Barnes, Karen Charles et tout le personnel du Programme sur le poisson de fond, qui ont fourni des données pour ce manuel. Merci au Dr K.S. Ketchen qui a revu le manuscrit.

References

ARCHIBALD, C.P., D. FOURNIER, AND B.M. LEAMAN. *Reconstruction of stock history and development of rehabilitation trajectories for Pacific Ocean perch (Sebastes alutus) in Queen Charlotte Sound using a new catch-at-age model.* (soumis pour publication)

BEAMISH, R.J. 1973. Determination of age and growth of populations of the white sucker (*Catostomus commersoni*) exhibiting a wide range in size at maturity. *J. Fish. Res. Board Can.* 30: 607–616.

1979a. Differences in the age of Pacific hake (*Merluccius productus*) using whole otoliths and sections of otoliths. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 141–151.

1979b. New information on the longevity of Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Fish Res. Board Can.* 36: 1395–1400.

1981. Use of fin-ray sections to age walleye pollock, Pacific cod, and albacore, and the importance of this method. *Trans. Am. Fish. Soc.* 110(2): 287–299.

BEAMISH, R.J., L.M. BLOUW, AND G.A. MCFARLANE. 1976. A fish and chemical study of 109 lakes in the Experimental Lakes Area (E.L.A.), northwestern Ontario, with appended reports on lake whitefish ageing errors and the northwestern Ontario baitfish industry. *Fish. Mar. Serv. Tech. Rep.* 607: 116 p.

BEAMISH, R.J., AND D. CHILTON. 1977. Age determination of lingcod (*Ophiodon elongatus*) using dorsal fin rays and scales. *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 1305–1313.

1982. Preliminary evaluation of a method to determine the age of sablefish (*Anoplopoma fimbria*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 277–287.

BEAMISH R.J., AND D.A. FOURNIER. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 982–983.

BEAMISH, R.J., AND H.H. HARVEY. 1969. Age determination in the white sucker. *J. Fish. Res. Board Can.* 26: 633–638.

BEAMISH, R.J., AND G. MCFARLANE. 1982. *Failure to validate age determinations is one of the most serious errors in fisheries biology.* (en prép.)

BENNETT, J.T., G.W. BOEHLERT, AND K.K. TUREKIAN. 1982. *Confirmation of longevity in Sebastes diploproa (Pisces: Scorpaenidae) using $^{210}Pb/^{226}Ra$ measurements in otoliths.* (soumis pour publication)

BILTON, H.T., AND D.W. JENKINSON. 1969. Age determination of sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and chum (*O. keta*) salmon from examination of pectoral fin rays. *J. Fish. Res. Board Can.* 26: 1199–1203.

BLACKER, R.W. 1964. Electronic flash photography of gadoid otoliths. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.* 1: 36–38.

1974. Recent advances in otolith studies, p. 67–90. *In* F.R. Harden Jones (ed.) *Sea Fisheries research.* John Wiley and Sons New York, NY.

BOHO, E.G. 1951. Methods of age-determination of fish by sawcuts of fins. Tr. Azovo-Chernomorsk. *Nauchno-Issled Inst. Morsk. Rybn. Khoz. Okeanogr.* 15: 141–168. (en russe)

BROTHERS, E.B., C.P. MATHEWS, AND R. LASKER. 1976. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. *Natl. Oceanic Atmos. Admin. (U.S.) Fish. Bull.* 74: 1–8.

CAREY, A.G., Jr., R.L. DEMORY, W.G. PEARCY, S.L. RICHARDSON, A.V. TYLER, AND C.E. WARREN. 1981. A systematic study of Oregon pleuronectid production system and its fishery. By Charles Jackson. *Oregon State University Sea Grant College program* ORESU-T-81-001. p. 1–40.

CASE, A.J., AND R.J. BEAMISH. 1982. *First evidence of the validity of the fin-ray method of age determination for marine fishes.* (soumis pour publication)

CHATWIN, B.M. 1954. Growth of young lingcod. *Fish. Res. Board. Can. Prog. Rep. Pac. Coast* 99: 14–17.

1956 Age and growth of lingcod (*Ophiodon elongatus*) *Fish. Res. Board Can. Prog. Rep. Pac. Coast* 105: 22–26.

1958. Mortality rates and estimates of theoretical yield in relation to minimum commercial size of lingcod (*Ophiodon elongatus*) from the Strait to Georgia. British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can.* 15: 831–849.

CHILTON, D. 1970. Preparation and mounting of Pacific cod scales for age determination. *Fish. Res. Board Can. MS Rep.* 1086: 3 p.

CHRISTENSEN, J.M. 1964. Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish. *J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer* 29: 73–81.

CHUGUNOVA, N.I. 1959. Age and growth studies in fish. *Izv. Akad. Nauk SSR.* (trad. du russe par Israel Prog. Sci. Transl., Jerusalem, 1963)

DARK, T.A. 1975 Age and growth of Pacific hake, *Merluccius productus. Fish. Bull.* 73: 336–355.

DEEDLER, C.L., AND J.J. WILLIAMS. 1973. Age determination in freshwater teleosts, based on annular structures in fin-rays. *Aquaculture* 1: 365–371.

DEMORY, R.L. 1972. Scales as a means of aging Dover sole (*Microstomus pacificus*). *J. Fish. Res. Board Can.* 29: 1647–1650.

FOUCHER, R.P., AND D. FOURNIER. 1982. Derivation of age composition using length-frequency analysis for samples of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) landed in Hecate Strait commercial fishery. *N. Am. J. Fish. Manage.* (sous presse)

GULLAND, J.A. 1958. Age determination of cod by fin rays and otoliths. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Spec. Publ.* 1: 179–190.

HAY, D.E. 1966. *Age determination of the turbot Atheresthes stomias.* B.Sc. thesis. Dep. Zoology, Univ. British Columbia, Vancouver, B.C.

HEYAMOTO, H. 1962. Age of young sablefish, *Anoplopoma fimbria* (Pallas) 1811. *J. Fish. Res. Board Can.* 19: 1175–1177.

HOLDEN, M.J. AND P.S. MEADOWS. 1962. The structure of the spine of the spur dogfish (*Squalus acanthias*, L.) and its use for age determination. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 42: 179–197.

IKE, T. 1960. The growth of the fish otolith. *J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ.* 3: 209–221.

INEDA, T. 1954. On the age determination and morphometrical differences of the otolith of Alaska pollock in the Hokkaido coast. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* 11: 36 p.

KAGANOVSKAIA, S. 1933. A method of determining the age and the composition of the catches of the spiny dogfish (*Squalus*

azonthias. L.). *Vopr. Ikhtiol. Fil. Akad. Nauk SSSR* 1953. No. 1–3: 139–141. (trad. du russe par le Serv. de trad. de l'off. des recher. sur les pêch. du Canada, 281, 1960)

KASAHARA, H. 1961. Fisheries resources of the North Pacific Ocean Part 1. *H.R. Macmillan Lectures in Fisheries, Univ. British Columbia. Vancouver, B.C.*

KIMSEY, W.A. 1970. Reading scales to age Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) from Hecate Strait. *J. Fish. Res. Board Can.* 27: 915–922.

KIMSEY, W.A., AND F.T. PLETCHER. 1968. The 1964–65 sablefish study. *Fish. Res. Board Can. Tech. Rep.* 74: 24 p.

KITCHIN, K.S. 1961. Observations on the ecology of the Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in Canadian waters. *J. Fish. Res. Board Can.* 18: 513–558.

1964. Preliminary results of studies on growth and mortality of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in Hecate Strait, British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can.* 21: 1031–1067.

1970. An examination of criteria for determining the age of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) from otoliths. *Fish. Res. Board Can. Tech. Rep.* 171: 42 p.

1975. Age and growth of dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 43–59.

KODOLOV, L.S. 1967. On the age analysis of sablefish (Ob opredelenii vozrasta ugol'noi ryby). *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.* 61: 238–242.

1976. Details of biology and distribution of black-cod (*Anoplopoma fimbria* pall.). *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.* (TINRO) TOM 100: 19–42.

LA LANGE, J.L. 1975. Age determination of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from otoliths. *Natl. Mar. Fish. Serv. Northwest Fish. Center Processed Rep.* September: 19 p.

LEAMAN, B.M., AND R.J. BEAMISH. 1982. *Ecological and management implications of longevity in some northeast Pacific groundfishes.* (soumis pour publication)

MILLS, K.H., AND R.J. BEAMISH. 1980. Comparison of fin-ray and scale age determinations for lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) and their implications for estimates of growth and annual survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 536–544.

OGATA, T. 1956. Studies on fisheries and biology of important fish: Alaska pollock. *Bull. Jpn. Sea Reg. Fish Res. Lab.* 4: 93–140. (traduit du japonais par l'Office of Foreign Fisheries National Marine Fisheries Service. Washington, USA)

PANNELLA, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Sciences (N.Y.)* 173: 1124–1227.

1973. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes, p. 28–39. T.B. Bagenal (ed.) *The ageing of fish. Proceedings of an International Symposium.* Unwin Brothers Limited, Surrey, England.

POWER, G. 1978. Fish population structure in Arctic lakes. *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 53–59.

PRUTER, A.T. 1954. Age and growth of the Oregon sablefish, *Anoplopoma fimbria*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 40: 457–463.

SCHNUTE, J., AND D. FOURNIER. 1980. A new approach to length-frequency analysis: growth structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 1337–1351.

SHUBNIKOV, D.A. 1963. Data on the biology of sablefish of the Bering Sea, p. 287–296. *In* P.A. Moiseev (ed.) *Soviet fisheries investigations in the Northeast Pacific. Part I.* (traduit du russe par Israel Program for Sci. Transl. 1968)

SIX, L.D., AND H.F. HORTON. 1977. Analysis of age determination methods for yellowtail rockfish, canary rockfish, and black rockfish off Oregon. *Fish. Bull.* 75: 405–414.

WEBB, L.A., AND B.J. LOCKNER. 1973. Trap fishing blackcod (*Anoplopoma fimbria*) in British Columbia waters. *Can. Dep. Environ. Fish. Mar. Serv. Pac. Reg. Tech. Rep.* 1973–4: 70 p.

WESTHEIM, S.J. 1973. Age determination and growth of Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*) in the northeast Pacific Ocean. *J. Fish. Res. Board Can.* 30: 235–247.

WILLIAMS, T., AND B.C. BEDFORD. 1974. The use of otoliths for age determination, p. 114–123. T.B. Bagenal (ed.) *The ageing of fish. Proceedings of an International Symposium.* Unwin Brothers Limited. Surrey, England.

Glossaire

Annulus — toute zone qui se forme chaque année; on l'identifie souvent comme la zone déposée au cours ou proche d'une période de croissance ralentie ou inexistante.

Bord de l'otolithe près de la sulcature — le bord de l'otolithe voisin du sillon où passe le nerf auditif sur la face interne (fig. 5).

Classe d'âge — le produit d'une ponte annuelle.

Croissance — voir zone opaque ou zone estivale.

Exactitude — le degré de proximité par rapport à la vraie valeur.

Écaille régénérée — écaille formée par suite de la perte d'une autre écaille (fig. 1).

Foyer ou centre — l'origine de la structure de détermination de l'âge; on le décrit souvent comme le centre larvaire ou embryonnaire; foyer s'applique à l'otolithe et centre, au rayon de nageoire.

Groupe d'âge — le nombre de poissons dont l'âge est semblable; ce terme n'est pas synonyme de classe d'âge parce que les erreurs de détermination peuvent regrouper différentes classes dans un groupe.

Lobes ou doigts de l'otolithe — au cours du vieillissement de l'otolithe, certaines parties forment parfois des excroissances en forme de doigts ou de lobes, fait commun chez les scorpènes (fig. 54).

Lumière réfléchie — lumière projetée sur la surface d'un objet par le dessus ou le côté.

Lumière transmise — lumière qui traverse l'objet par dessous.

Marques — marques ou zones de croissance ou parties de zone de croissance qui ne se forment pas chaque année mais qui traduisent divers changements physiologiques ou environnementaux.

Population — un groupe de poissons d'une espèce qui ne se croisent pas avec un autre groupe de poissons de la même espèce.

Précision — le degré de reproductibilité; a trait à la variabilité entre les lecteurs ou les lectures.

Stock — groupe de poissons d'une espèce qui peuvent se croiser avec un autre groupe de poissons de la même espèce.

Structures de détermination de l'âge — toute structure qui peut servir pour déterminer l'âge; les plus communes sont les écailles, les épines, les rayons de nageoire, les otolithes, les vertèbres, l'opercule et le cleithrum.

Surface externe — la surface distale de l'otolithe (fig. 5, 10).

Surface interne — la surface proximale de l'otolithe (fig. 5, 10).

Validation de la méthode de détermination de l'âge — prouvant qu'un âge donné est correct, généralement à l'aide d'une expérience de marquage ou d'étiquetage.

Zone estivale ou croissance estivale — période de croissance la plus rapide chez les poissons des pêcheries canadiennes (voir zone opaque).

Zone hivernale, croissance hivernale ou anneaux d'hiver — voir annulus et zone translucide.

Zone hyaline (zone translucide) — la zone formée au cours ou proche d'une période de croissance ralentie ou inexistante; on la considère souvent la zone hivernale et elle est fréquemment identifiée comme un annulus; sous lumière transmise, cette zone est claire alors que, sous lumière réfléchie, elle est foncée; chez les jeunes poissons, elle est moins large que la zone opaque et chez les poissons âgés, elle est presque la même largeur.

Zone opaque — empêche la transmission de la lumière et fait partie du schème de croissance annuelle où elle représente habituellement la

période de croissance rapide ou estivale; sous lumière transmise, cette zone est foncée alors que, sous lumière réfléchie, elle apparaît claire; chez les jeunes poissons, elle est plus large que la zone translucide et chez les poissons âgés, elle est presque la même largeur.

Zone ou schème de croissance annuelle — toute la croissance formée une fois par année sur une structure.

POOR

QUALITY

ORIGINAL